



# MUDANÇAS **CLIMÁTICAS** NO ENSINO ESCOLAR

ROBERTO GRECO  
PRISCILA PEREIRA COLTRI  
ERCÍLIA TORRES STEINKE

MUDANÇAS  
**CLIMÁTICAS**  
NO ENSINO ESCOLAR

ROBERTO GRECO  
PRISCILA PEREIRA COLTRI  
ERCÍLIA TORRES STEINKE  
(ORGS.)

---

### Conselho Editorial

Profa. Dra. Andrea Domingues	Prof. Dr. José Rubens Lima Jardimino
Prof. Dr. Antônio Carlos Giuliani	Prof. Dr. Juan Droguett
Prof. Dr. Antonio Cesar Galhardi	Profa. Dra. Ligia Vercelli
Profa. Dra. Benedita Cássia Sant'anna	Prof. Dr. Luiz Fernando Gomes
Prof. Dr. Carlos Bauer	Prof. Dr. Marco Morel
Profa. Dra. Cristianne Famer Rocha	Profa. Dra. Milena Fernandes Oliveira
Prof. Dr. Cristóvão Domingos de Almeida	Prof. Dr. Narciso Laranjeira Telles da Silva
Prof. Dr. Eraldo Leme Batista	Prof. Dr. Ricardo André Ferreira Martins
Prof. Dr. Fábio Régio Bento	Prof. Dr. Romualdo Dias
Prof. Dr. Gustavo H. Cepolini Ferreira	Profa. Dra. Rosemary Dore
Prof. Dr. Humberto Pereira da Silva	Prof. Dr. Sérgio Nunes de Jesus
Prof. Dr. José Ricardo Caetano Costa	Profa. Dra. Thelma Lessa
	Prof. Dr. Victor Hugo Veppo Burgardt

---

©2024 Roberto Greco; Priscila Pereira Coltri; Ercília Torres Steinke

Direitos desta edição adquiridos pela Paco Editorial. Nenhuma parte desta obra pode ser apropriada e estocada em sistema de banco de dados ou processo similar, em qualquer forma ou meio, seja eletrônico, de fotocópia, gravação, etc., sem a permissão da editora e/ou autor.

---

CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

G791m

Mudanças climáticas no ensino escolar / Roberto Greco; Priscila Pereira Coltri; Ercília Torres Steinke. -- 1. ed. -- Jundiaí, SP : Paco, 2024.  
264 p. ; 16x23 cm.

Inclui bibliografia  
ISBN: 978-85-462-2218-6

1. Mudanças climáticas. I. Greco, Roberto. II. Título.

CDD: 363.73874

---

Biblioteca Janaina Ramos – CRB-8/9166

Índice para catálogo sistemático

I. Mudanças climáticas

 PACO EDITORIAL

Av. Carlos Salles Block, 658  
Ed. Altos do Anhangabaú, 2º Andar, Sala 21  
Anhangabaú - Jundiaí-SP - 13208-100  
11 4521-6315 | 2449-0740  
contato@editorialpaco.com.br

Foi feito Depósito Legal

# Sumário

APRESENTAÇÃO	5
	<i>Roberto Greco</i> <i>Priscila Pereira Coltri</i> <i>Ercília Torres Steinke</i>
PREFÁCIO	7
	<i>Luci Hidalgo Nunes</i>
CAPÍTULO 1 A QUESTÃO DA ESCALA CLIMÁTICA NA PERSPECTIVA GEOGRÁFICA E DIDÁTICA	9
	<i>Ercília Torres Steinke</i> <i>Alfonso García de la Vega</i> <i>Rafael Rodrigues da Franca</i>
CAPÍTULO 2 POR QUE OS CLIMAS MUDAM?	39
	<i>Priscila Pereira Coltri</i> <i>Ercília Torres Steinke</i> <i>Roberto Greco</i>
CAPÍTULO 3 PALEOCLIMAS: ANALISANDO O PASSADO PARA PENSAR SOBRE O FUTURO	59
	<i>Carolina Zabini</i> <i>Ana Beatriz Furtado Carvalho</i>
CAPÍTULO 4 CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SUAS ESPECIFICIDADES NO BRASIL	75
	<i>Priscila Pereira Coltri</i> <i>Rafael Vinicius de São José</i> <i>Guilherme Almussa Leite Torres</i>
CAPÍTULO 5 RISCOS AMBIENTAIS E PRODUÇÃO DO ESPAÇO GEOGRÁFICO NO CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS	101
	<i>Rafael Vinicius de São José</i> <i>Sandra Freitas Santos</i> <i>Priscila Pereira Coltri</i> <i>Aline Pascoalino</i> <i>Roberto Greco</i>

**CAPÍTULO 6**  
**CIDADANIA CLIMÁTICA: A EDUCAÇÃO EM MUDANÇAS**  
**CLIMÁTICAS COMO INSTRUMENTO PARA EFETIVAÇÃO DE**  
**DIREITOS HUMANOS EM SALA DE AULA** **115**  
*Maria Carolina Ramos*

**CAPÍTULO 7**  
**ONDE ENCONTRAR INFORMAÇÕES CONFIÁVEIS?** **129**  
*Priscila Pereira Coltri*  
*Rafael Vinicius de São José*

**CAPÍTULO 8**  
**ONDE ESTÃO AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA BASE NACIONAL**  
**COMUM CURRICULAR?** **145**  
*Darlan da Conceição Neves*  
*Roberto Greco*  
*Ercília Torres Steinke*

**CAPÍTULO 9**  
**A PRODUÇÃO DE SENTIDOS SOBRE AS MUDANÇAS**  
**CLIMÁTICAS: OS FANZINES E A CONSTRUÇÃO DO**  
**CONHECIMENTO NA ESCOLA** **181**  
*Darlan da Conceição Neves*

**CAPÍTULO 10**  
**O ENSINO SOBRE AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO CONTEXTO**  
**DOS BIOMAS BRASILEIROS** **211**  
*Kezia Andrade dos Santos*

**CAPÍTULO 11**  
**PANORAMA SOBRE A PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM**  
**MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO MUNDO** **231**  
*Priscila Pereira Coltri*  
*Larissa Vieira Zezzo*  
*Deborah Terrell*  
*Roberto Greco*

**SOBRE OS AUTORES** **251**

# APRESENTAÇÃO

Caro leitor,

É com grande satisfação que apresentamos a você «Mudanças Climáticas no Ensino Escolar», uma obra cuidadosamente elaborada por uma equipe interdisciplinar de especialistas no campo da Climatologia, Ambiente, Educação e Geografia.

Este livro é o resultado de um esforço coletivo realizado por membros do programa de Pós-graduação em Geografia, em Ensino e História de Ciências da Terra, Ensino de Ciências e Matemática Multiunidades, do Laboratório de Ensino em Clima e Mudanças Climáticas (LabEduc) do Cepagri da Unicamp, em parceria com o Laboratório de Climatologia Geográfica (LCGea) da Universidade de Brasília (UnB).

Atualmente, o tema “Mudanças Climáticas” está na pauta de diferentes meios de comunicação e rodas de conversa. Eventos meteorológicos, cada vez mais frequentes e mais intensos são uma realidade atual que desafia a sociedade a cada ano. A conscientização crítica, nesse processo climático, parece ser um elemento-chave para atividades de adaptação e mitigação. Mas, embora as mudanças climáticas sejam amplamente discutidas e constituam um tema de destaque nos debates internacionais, ainda há uma escassez de material acessível e bem estruturado para auxiliar o trabalho dos professores e das professoras em sala de aula. O objetivo deste livro é justamente preencher essa lacuna, fornecendo recursos educacionais que possam auxiliar, não só os educadores da educação básica, mas também, alunos da licenciatura e pós-graduandos da área de ensino, na abordagem desse importante tema de forma eficaz e informativa.

Neste livro, você encontrará reflexões teóricas sobre a questão da escala climática na perspectiva geográfica para poder se situar sobre os aspectos físicos do fenômeno. Trazemos também reflexões sobre o que é o clima e por que mudam os climas. Contamos sobre como os climas mudaram ao longo da história geológica da Terra e quais são os cenários climáticos futuros esperados para o Brasil. Também trazemos uma discussão sobre os impactos das mudanças climáticas na sociedade, bem como orientações sobre onde buscar informações confiáveis sobre mudanças climáticas.

Além disso, você receberá informações sobre onde encontrar o tema mudanças climáticas no currículo escolar e ainda oferecemos exemplos práticos

destinados a auxiliar educadores e alunos a integrarem efetivamente o tema das mudanças climáticas em suas práticas pedagógicas. O livro conclui com um capítulo dedicado à pesquisa em educação sobre mudanças climáticas, servindo não apenas como um resumo abrangente, mas também como um convite para os professores e pesquisadores explorarem mais profundamente o assunto e contribuírem com novos conhecimentos sobre o tema.

Acreditamos que a educação desempenha um papel fundamental na conscientização e na ação em relação às mudanças climáticas. Portanto, este livro não apenas fornece conhecimento, mas também visa capacitar os leitores a se tornarem multiplicadores desse conhecimento.

Que esta obra sirva como um guia inspirador para todos aqueles que buscam compreender e abordar as complexidades das mudanças climáticas no contexto escolar.

Boa Leitura!  
Campinas, 10/05/2024

*Roberto Greco*  
*Priscila Pereira Coltri*  
*Ercília Torres Steinke*

# PREFÁCIO

Como professora, acredito que a maior missão do ensino é propiciar aos alunos a capacidade de entender, discutir, opinar e interferir nas questões da vida cotidiana, estudadas nas diferentes disciplinas do currículo escolar.

Esta obra - que desde já classifico como essencial – coloca-se como uma contribuição ímpar para essa missão, ao entrelaçar com simplicidade, rigor e competência duas temáticas centrais da contemporaneidade: a abordagem das mudanças climáticas e o ensino.

É fato que as mudanças climáticas refletem interações conflituosas e apenas parcialmente conhecidas de sistemas dinâmicos, o que se coloca como um desafio para a sua abordagem no ensino. Mas é verdade, também, que poucos conteúdos podem ser identificados pelos alunos como tão centrais em suas vidas, dado que a discussão das mudanças climáticas contemporâneas é um dos temas de maior apelo da atualidade, estando presente nos noticiários, nas pautas políticas e econômicas e, não raro, nas experiências pessoais. É não é por acaso que emprego o termo apelo para me referir ao destaque que o assunto vem ganhando: apelo tem diferentes significados, todos eles presentes no trato das mudanças climáticas, vistas como uma questão atrativa, urgente, mas muitas vezes apresentada de forma sensacionalista, o que induz a entendimentos errôneos, exagerados e simplistas. Por isso, é muito importante que especialistas apresentem o tema de forma desmistificada e clara.

É dentro dessa perspectiva que surge a presente obra, que certamente será uma referência para mestres, alunos e interessados em geral visitarem e revisitarem. Fruto da contribuição de profissionais dedicados e experientes, ela se coloca como uma relevante contribuição para essa discussão imprescindível e inadiável. Na obra, o assunto é abordado de forma didática e clara, sendo os capítulos apresentados de maneira articulada e interconectada.

Estou certa de que o conteúdo do livro, pelo tema e por sua condução coordenada, atrairá diferentes públicos, e que para todos a leitura será não apenas instigante, mas profundamente rica e agradável. Boa leitura!

*Pesquisadora Visitante Faperj/Uerj*



## CAPÍTULO 1

# A QUESTÃO DA ESCALA CLIMÁTICA NA PERSPECTIVA GEOGRÁFICA E DIDÁTICA

*Ercília Torres Steinke  
Alfonso García de la Vega  
Rafael Rodrigues da Franca*

Fenômenos climáticos são identificados em toda superfície terrestre, apresentam escalas de ação e influência espacial interpretadas por meio das escalas de estudo da Climatologia. Neste capítulo, você vai conhecer mais sobre essas escalas e sua importância para a compreensão desses fenômenos e para as discussões em torno das mudanças climáticas em sala de aula.

### **Introdução**

O tema mudanças climáticas, como será visto em vários capítulos deste livro, toma maiores proporções, que extrapolam as instituições científicas, a cada publicação dos relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). Junto a isso, assuntos referentes aos fenômenos meteorológicos, tempo e climas passaram a ter uma maior popularidade. Sendo de relevância pública e de interesse social e econômico, os climas influenciam diversas áreas, desde a agricultura até a escolha da vestimenta das pessoas. Por isso, estudá-los e compreender a dinâmica climática tornou-se objeto obrigatório nos segmentos de ensino.

É fato que apenas por meio de um processo educacional, que envolva conhecimentos científicos sobre as noções básicas da Climatologia, dos climas da Terra, análise de impactos e formulação de políticas, é que as grandes questões relacionadas com os climas e seus impactos sociais poderão ser compreendidas.

Sabe-se que, atualmente, o conceito de clima é muito mais amplo que a clássica definição de Julius Hann (1883), que o preconizava como o conjunto dos fenômenos meteorológicos que caracteriza o estado médio da atmosfera em um determinado ponto da superfície terrestre. Hoje, já foram acrescentados a esse conceito aspectos das mudanças e variabilidades climáticas em múltiplas escalas espaciais e temporais e eventos

meteorológicos extremos, assim como, aspectos sociais. Porém, a questão das escalas ainda é pouco discutida, principalmente na escola, quando comparada com outros aspectos do estudo da Climatologia.

A escala é um dos aspectos mais fundamentais quando se trata de clima. É ela que define a área e período de abrangência do fenômeno estudado, assim como as técnicas e os métodos de investigação. A falta dessa discussão e do entendimento da estrutura escalar dos fenômenos climáticos leva, recorrentemente, a várias imprecisões, como por exemplo, sobre a terminologia, a extensão horizontal e vertical de abrangência dos níveis escalares, dos processos que predominam em cada um deles e muitas outras.

É muito comum nos depararmos com manchetes de jornais que associam as mudanças climáticas ao registro de temperaturas do ar elevadas, em um local e dia específicos, o que mostra que o jornalista não teve preocupação em diferenciar as escalas de ocorrência de um fenômeno e outro e provavelmente nem ele mesmo tenha ideia de que exista essa diferença. O problema se torna maior quando essa questão é levada para a sala de aula.

Por isso, examinar a questão da escala na perspectiva das discussões sobre mudanças climáticas é primordial para entender as dinâmicas e os processos naturais associados aos climas e sua interação com as ações antrópicas e com o contexto social ao qual fazemos parte. No intuito de não se perder a verdadeira dimensão da questão e evitar as generalizações, a discussão a respeito das escalas deve ser estabelecida para contribuir com a indicação de soluções adequadas para ajudar no combate às mudanças climáticas.

## **As escalas espaço-temporais em Geografia**

A escala espacial tem sido uma das chaves epistemológicas nos estudos geográficos, tanto do ponto de vista da pesquisa, quanto da aplicação na expressão cartográfica de dados. Uma aproximação ao estudo da escala espacial advém das contribuições geográficas da região, cuja definição delimita os territórios abordados. No início do século XX, consolidou-se a Geografia Regional, com Vidal de la Blache (1910), que associava o território e os modos de vida à região natural definida por Sauer (1925), o que levou aos conceitos de região e paisagem. Esclarece ainda que os estudos regionais têm sido direcionados para o significado dos lugares, ou seja, uma abordagem orientada para a construção de identidades (Allen; Massey; Cochrane, 1998; Claval, 2007). Do ponto de vista social, Massey

(2001) sugeriu a dicotomia entre o local e o global, o que leva a situações de tensão econômica nos mercados e locais de produção.

Assim, a região constituiu-se no germe da escala territorial na Geografia. É definida pelos elementos semelhantes em coesão, ou melhor, a diferença. As proporções territoriais geram diferenças substanciais na escala espacial (Montello, 2003). Esse descompasso existente entre regiões, como ocorre entre a Amazônia e o Cerrado, no Brasil, ou entre o planalto castelhano e deserto do Saara, cria certas dificuldades em estabelecer uma aproximação semelhante do ponto de vista geográfico e educacional. No entanto, para abordar o estudo da escala geográfica, Zhao *et al.* (2020) oferecem dois experimentos na escala geográfica a partir de duas perspectivas, em elevação e em perspectiva azimutal. Tanto uma quanto a outra permite estudar as características das paisagens.

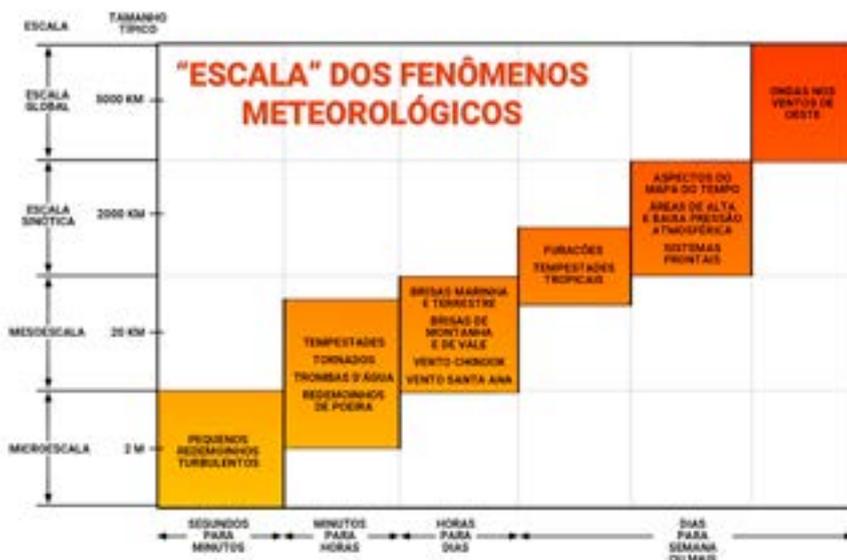
Um dos avanços paradigmáticos vem da contribuição dos geossistemas de Bertrand e Tricart (1968), que estabelece uma abordagem escalar para o estudo da paisagem. No caso da modelagem cárstica ou glacial, fica evidente a necessidade de delimitar processos de proporções semelhantes. No carste, em um modelo morfoclimático mediterrânico, por exemplo, ocorrem processos de dissolução definidos pela sua gênese e dimensão (dolina, abismo e polje) (Nicod, 1983; Ford; Williams, 2007). Para a vegetação e o clima, do ponto de vista geográfico, também foram determinadas diferentes escalas. Para as fisionomias arbustiva e arbórea se tem utilizado as chaves taxonômicas botânicas para estabelecer uma relação escalar no território, para o clima sempre se procurou expressar por meio de modelos gerados a partir de elementos e/ou fatores meteorológicos.

## **As escalas espaço-temporais em Climatologia**

Segundo Ribeiro (1993, p. 288), “a escala é uma referência de valor arbitrada segundo critérios que interessam à compreensão de um fenômeno”. Assim como tantos outros, os fenômenos que ocorrem na atmosfera são regidos por meio do encadeamento e interrelação, tanto no espaço (extensão do fenômeno) quanto no tempo (duração do fenômeno).

Os processos naturais da atmosfera terrestre ocorrem em diversas ordens de grandeza e existem em regime de trocas energéticas interdependentes, entre tempo e espaço, que fazem parte de níveis escalares hierarquizados a partir do tamanho, duração, frequência e intensidade. Esses fenômenos possuem diferentes graus de intensidades e espacialidades de ocorrência, contudo, são produzidos por mecanismos similares.

A Figura 1 mostra como os meteorologistas classificam os fenômenos de acordo com sua escala de tamanho (espaço) e a duração (tempo). Vale lembrar que os meteorologistas, quando tratam da escala, priorizam a questão temporal. Essa classificação é importante para compreendermos cada um dos fenômenos e a relação entre eles. Temos, então, microescala, mesoescala, escala sinótica e escala global.



**Figura 1. Diagrama esquemático de escalas espaciais e temporais importantes no sistema climático**

Fonte: Elaborado por Thamirys Verneque Silva dos Reis.

De acordo com a Figura 1, no sistema climático, normalmente lidamos com os seguintes processos físicos e escalas associadas: redemoinhos turbulentos em escalas de tempo de alguns segundos e escalas de comprimento de milímetros, centímetros e metros; atividade convectiva em escalas temporais de horas e escalas espaciais de centenas de metros a poucos quilômetros; sistemas climáticos sinóticos variando diariamente em escalas espaciais de centenas a milhares de quilômetros e uma escala espacial global, e as eras glaciais que representam variações globais em escalas de tempo milenares (Mitchell, 1976). A seguir, detalharemos melhor cada uma das classificações.

**MICROESCALA:** os fenômenos costumam apresentar dimensões espaciais que variam de centímetros a quilômetros, e possuem duração

entre um segundo e uma hora. Encontram-se, aqui, as nuvens individualizadas e fenômenos de turbulência que recebem influência das características da superfície, tais como as trocas de calor e umidade entre o solo e as camadas mais baixas da troposfera.

Um interessante fenômeno da microescala é o redemoinho de poeira, também conhecido, em inglês, como *Dust-Devil* (Figura 2). Conforme Daniels, Fallow e Kinney (1995), constitui-se de um pequeno vórtice de poeira, com diâmetro de aproximadamente 3 a 92 metros e altura de 152 a 305 metros. Em inglês, essas estruturas também são conhecidas como *dustnados*, pela semelhança com os tornados e por levantarem poeira (*dust*). A duração do é de poucos minutos, com ventos que podem alcançar, aproximadamente, 96 km/h. Esses redemoinhos encontram-se na microescala, indicada na Figura 1, por “pequenos turbilhões e eddies”. Também estão enquadrados os tornados e as trombas d’água, embora estes sejam maiores que os redemoinhos.

Em português, esse fenômeno possui diversas denominações regionais, tais como: redemoinho, demônio de poeira, torvelinho, rodaminho, e em Brasília, lacerdinha, apelido associado ao político Carlos Lacerda, que foi um dos maiores opositores à construção de Brasília. No folclore brasileiro, o redemoinho é, muitas vezes, reportado como obra do Saci-Pererê que levanta a folhagem e espalha sujeira.



**Figura 2. Representação de redemoinho de poeira**

Fonte: Elaborado por Thamirys Verneque Silva dos Reis.

**MESOESCALA:** os fenômenos da mesoescala possuem tamanhos que podem variar de um até 100 quilômetros, com duração entre uma hora e um dia. Identificam-se nessa escala os tornados, tempestades isoladas, linhas de instabilidade, sistemas de nuvens, além de ventos locais, como as brisas marítimas e terrestres e os ventos catabáticos (brisa de montanha) e anabáticos (brisa de vale). Esses sistemas são muito importantes para o conhecimento do tempo em escala regional, estão associados às características fisiográficas da região, como a presença de barreiras orográficas, distância de corpos d'água, existência de florestas, cidades etc.

A mesoescala também é representada pelos diferentes níveis de nuvens: baixo, médio e alto. As nuvens baixas atingem 2 mil metros de altitude, en-

tre elas estão os Stratocumulos, cuja base estabelece as diferenças das massas de ar e nelas se observa o direcionamento dominante do vento (Figura 3a). Outra nuvem baixa é a prateleira, *shelf cloud*, em inglês (Figura 3b), está associada a linhas de instabilidade e se formam quando o ar mais quente se eleva acima de uma camada de ar mais frio. Durante este processo, o ar quente condensa rapidamente, gerando o aspecto característico da nuvem. O movimento rápido de deslocamento das nuvens prateleira produz ventos muito fortes e destrutivos, que ocorrem antes da chegada de uma tempestade. Trata-se de um tipo de nuvem arco, isto é, formação de nebulosidade baixa e horizontal, aparecendo, comumente, como uma nuvem acessória de um Cumulonimbus. Frequentemente se formam ao longo da borda de um sistema frontal ou em frentes de rajadas de tempestades. As nuvens médias dominam o ambiente de 5.000 metros de altitude, onde ocorrem muitas mudanças entre as massas de ar, gerando distúrbios térmicos. Essas mudanças originam as nuvens de evolução diurna, que costumam causar chuvas intensas e breves. Nuvens altas identificam o início ou fim das tempestades. Em 8.000 - 10.000 metros de altitude, localizam-se os Cirrostratus, que também sinalizam os ventos predominantes (figuras 4a e 4b).



**Figura 3a. Nuvem do tipo Stratocumulos nos campos de Cuenca, Espanha**

Foto: Alfonso García de la Vega.



**Figura 3b. Nuvem do tipo Cumulonimbus Arcus em Campinas (SP), Brasil**

Foto: Bruno Bainy.



**Figura 4a. Nuvem do tipo Cirrostratus nas serras de Múrcia, Espanha**

Foto: Alfonso García de la Vega.



**Figura 4b. Nuvem do tipo Cirrostratus em Guarapari (ES), Brasil**

Foto: Rafael Rodrigues da Franca.

**ESCALA SINÓTICA:** Encontram-se aqueles com algumas centenas de quilômetros, com duração aproximada de alguns dias até uma semana. A parte da Meteorologia que estuda os fenômenos nessa escala é a Meteorologia Sinótica. Podemos identificar, nessa escala, fenômenos como ciclones tropicais (furacões), ciclones de um modo geral, sistemas frontais, centros de alta e baixa pressão e linhas de instabilidade.

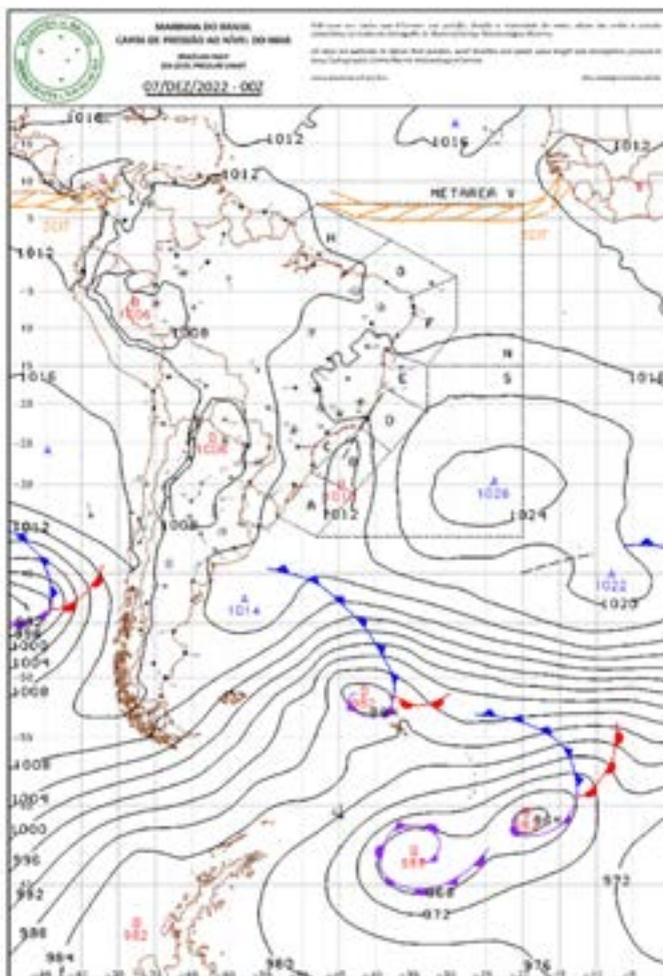
Vale lembrar que a divisão entre as escalas não é precisa. Não é possível delimitar uma linha que identifique quando termina a mesoescala e quando começa a escala sinótica, por exemplo. Os fenômenos podem ser afetados por outras escalas. Por exemplo, há elementos de sistemas convectivos (pequenas tempestades) organizados em um sistema de mesoescala e sistemas de escala sinótica que possuem características de mesoescala.

O termo sinótico (*synoptikos*, em grego, significa proporcionar uma visão do todo) refere-se à visão geral das condições da atmosfera em uma determinada região. É mais conhecido por carta sinótica, um tipo de mapa utilizado para identificar e analisar os padrões e fenômenos meteorológicos e realizar a previsão do tempo. Assim, a carta sinótica apresenta elementos que caracterizam o estado do tempo, em uma determinada região e momento. De acordo com Garbin, Santil e Silveira (2011), a primeira foi elaborada na década de 1820 e, a partir de então, passou por inúmeras modificações e aperfeiçoamentos até o estabelecimento de um modelo que fosse internacionalmente aceito.

Na carta sinótica, de acordo com Forsdyke (1981), as estações meteorológicas e os dados nelas registrados são localizados (por meio de coordena-

nadas) no mapa e representados graficamente por círculos, em torno dos quais aparecem números e símbolos correspondentes aos dados meteorológicos. A carta sinótica representa as condições atmosféricas registradas em horários sinóticos precisos, que são: 0h, 6h, 12h ou 18h UTC (Universal Time Coordinated), também conhecido como horário zulu, uma vez que, no alfabeto fonético da Organização do Tratado do Atlântico Norte (Otan), a letra Z é expressa por zulu (Zavattini, 2014). Tais horários, utilizados pelas instituições que elaboram as previsões do tempo, correspondem, respectivamente, às 21, 3, 9 e 15 horas de Brasília (DF).

Junto aos dados meteorológicos são também delimitadas na carta as isóbaras, que representam graficamente os campos de pressão atmosférica na superfície. Assim, por meio da análise, é possível determinar a presença de sistemas frontais, ciclones extratropicais, linhas de instabilidade etc. A Figura 5 apresenta uma carta sinótica elaborada pelo Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil.



**Figura 5. Carta sinótica do dia 7 de dezembro de 2022, 0h zulu**

Fonte: Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil. Disponível em: <https://bit.ly/3BdBiHR>. Acesso em: 20 de jan. 2023.

As cartas sinóticas são muito utilizadas em inúmeros tipos de estudos. Na Climatologia Geográfica, utilizamo-las como suporte ao trabalho com a técnica da Análise Rítmica (Monteiro, 1971), que permite individualizar os tipos de tempo e acompanhar seu ritmo diariamente. Segundo Borsato e Souza Filho (2008), a Análise Rítmica tem como objetivo caracterizar o tempo atmosférico por meio da dinâmica da circulação atmosférica regio-

nal. A identificação dessa circulação é feita por meio da análise diária das cartas sinóticas e das imagens de satélite.

De acordo com as ordens de grandeza propostas por Ribeiro, para definir as escalas do clima, a utilização da Análise Rítmica é adequada ao estudo dos climas locais, como será discutido mais adiante. Ele afirma que

desta feita, procura-se associar a gênese do tempo e do clima ao seu impacto na natureza e na sociedade, tal como situações de tempo favoráveis à agricultura, transportes, turismo, dispersão de poluentes atmosféricos, etc.; ou situações desfavoráveis, como episódios de chuvas concentradas que resultam em inundações e movimentos de massa ao longo das vertentes, episódios de secas e veranicos que acarretam frustração de safras, ou mesmo episódios com acentuada inversão térmica na Camada Limite Planetária redundando na intensificação da poluição atmosférica nos centros urbanos e industriais (Ribeiro, 1993, p. 291).

**ESCALA GLOBAL:** encontram-se os sistemas de dimensões maiores que algumas centenas de quilômetros e duração da ordem de um dia a meses. Nessa escala temos Zona de Convergência dos Intertropical (ZCIT), os grandes centros de ação, a circulação monçônica e Oscilação Sul, associada ao El Niño e à La Niña (Enos). O fenômeno das mudanças climáticas globais pode ser considerado de escala temporal e espacial grande, sendo enquadrado, assim, na escala global, pois envolve todo o planeta. Não devemos confundir os fenômenos associados aqui com aqueles que alteram os parâmetros meteorológicos em escala local, como por exemplo, os causados pela urbanização intensa de uma área, objeto de estudo da Climatologia Urbana, como será comentado mais adiante.

Aplicativos para celular de previsão de tempo, como o Ventusky©, fornecem uma boa aproximação da escala global. Ele facilita a visão instantânea dos fenômenos atmosféricos, bem como a modelagem dos grandes elementos climáticos globais, como por exemplo, a dinâmica da corrente de jato e o aparecimento e rastreamento de furacões.

### **A escala climática na perspectiva do ensino**

Neste século, a escala tornou-se um conceito que foi definido por meio de seus significados múltiplos, contraditórios e problemáticos. Moore (2008) considera que se chegou a uma diferença entre escalas como categoria prática

e analítica. No ensino, a geográfica está relacionada ao pensamento espacial desde a pesquisa empírica (Janelle, 2017) até as abordagens cartográficas lúdicas (Breda; García de la Vega, 2019). O conceito guarda uma relação com o desenvolvimento do pensamento espacial, por isso, Yoshimizu (2013) aborda o conceito de multi escala. O uso da escala parece estar vinculado a numerosos processos da vida cotidiana e formam parte da aprendizagem ao longo da vida (García de la Vega, 2019). Isso pode ser comprovado por meio do uso de aplicativos nos celulares, como visualizadores de mapas ou mapas on-line/off-line. Em todas essas situações, é necessário adaptar processos cognitivos espaciais e habilidades geoespaciais.

Da mesma forma, um dos aspectos mais importantes da Climatologia é a escala, uma vez que define a área e o período de abrangência de um fenômeno climático, assim como os métodos empregados para seu estudo. Zangalli Junior e Sant'Anna Neto (2012) afirmam que a escala, elemento fundamental do estudo dos climas, é ainda pouco discutida, principalmente, dentro do processo que envolve a elaboração dos discursos das mudanças climáticas globais, isso porque, quando se aborda a questão dos modelos climáticos, recai-se na questão da escala e nos resultados dos modelos, uma vez que esses ainda não conseguem convergir em resultados razoáveis sem que ocorra uma relação entre eles e as diferentes escalas.

Para Sant'Anna Neto (2010), a escala é muito mais do que dimensão espacial ou temporal de um fenômeno climático, ela deve ser, também, encarada como processo dinâmico dotado de atributos sensíveis a qualquer tipo de variação de todas as forças terrestres, atmosféricas, cósmicas e de origem antrópica que, exercem ou provocam, de certa maneira, qualquer tipo de interferência no sistema climático.

Por isso, Jesus (2008) chama atenção para o fato de que devemos ter cuidado ao estabelecer um elo entre uma unidade de observação e a característica que se deve associar à mesma. O autor questiona, por exemplo, em qual escala as unidades de observação possuem propriedades globais. E esse questionamento advém da constatação de que vários estudos empíricos demonstram que podem existir propriedades globais em níveis diferentes.

Sant'Anna Neto (2010) lembra que a duração, a velocidade e a extensão com que os mecanismos climáticos se dão, estão associados tanto a tempos longos, estabelecidos em milhares de anos, e tempo geológico, com alterações nos climas derivadas, entre outros processos, daqueles de ordem astronômica ou modificações no Sol, e em tempos curtos, relacionados ao tempo

histórico que está relacionado com a presença do homem e sua capacidade de modificar a paisagem, tanto regional como local. Porém, as forças terrestres e astronômicas também influenciam os climas no tempo histórico, provocando interações muito mais complexas e de difícil determinação.

É consenso que a escala climática global equivale à primeira ordem de grandeza, na qual os mecanismos são determinados pela circulação geral da atmosfera (CGA) e a interação com os oceanos, o que origina os diferentes padrões climáticos na Terra. Zangalli Junior e Sant'Anna Neto (2012) destacam que é nessa escala geral, na qual “o estabelecimento das relações entre os processos e dinâmicas climáticas são extremamente complexos e, portanto, simplificados”, que vem se desenvolvendo a discussão e o discurso sobre as mudanças climáticas.

Zezzo e Coltri (2022) afirmam que da mesma forma que houve, nos últimos anos, aumento dos debates e preocupações sobre as mudanças climáticas, também houve crescimento do interesse na educação/ensino sobre o tema, principalmente porque faz parte da resolução do problema. Porém, as autoras destacam que a educação em mudanças climáticas é um tema muito novo no país e, além disso, existem as dificuldades dos professores em trabalhar essa temática em sala de aula, assim como a falta de estratégias que objetivem o desenvolvimento de uma abordagem metodológica e da interdisciplinaridade, que são elementos fundamentais.

Na escola, o recurso didático que dispõe o professor para o trabalho sobre mudanças climáticas é o livro didático. Vários autores já identificaram que, de forma geral, este não contribui de forma adequada para a construção do conhecimento sobre o tema. Liotti e Campos (2021), cientes de que essa é uma questão complexa no ensino, analisaram em que medida o conhecimento escolar sobre mudanças climáticas, abordado nos livros didáticos de Biologia, Física, Química e Geografia, de ensino médio, aprovados no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD),<sup>1</sup> edição de 2015, podem contribuir para que os estudantes construam suas concepções sobre a questão.

Os resultados que Liotti e Campos (2021) encontraram não diferem da maioria das investigações que tratam do assunto, uma vez que identificaram a falta de uma abordagem interdisciplinar e contextualizada sobre

---

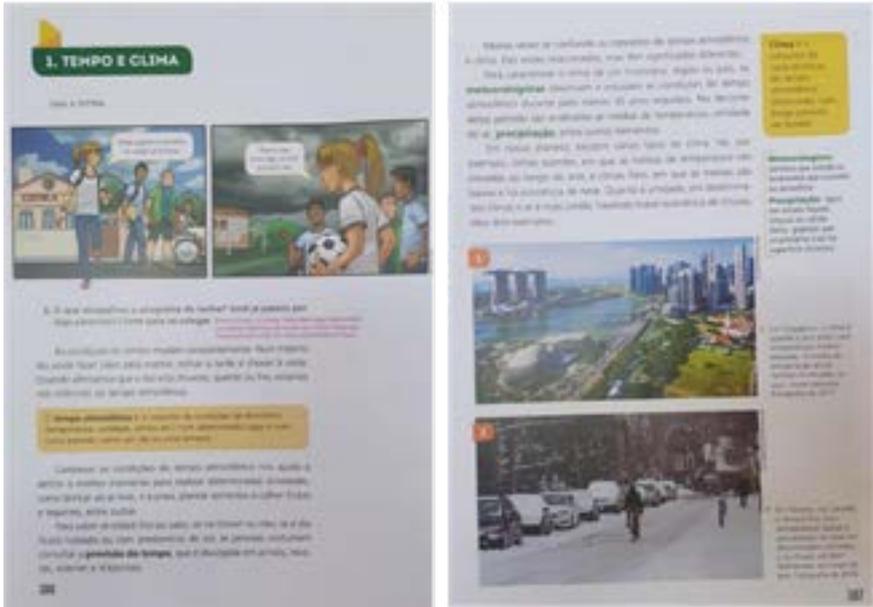
1. O Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) compreende um conjunto de ações voltadas para a distribuição de obras didáticas, pedagógicas e literárias, entre outros materiais de apoio à prática educativa, destinados aos alunos e professores das escolas públicas de educação básica do país.

a temática das mudanças climáticas que mostrasse a complexidade dos fatores intervenientes, sem tratar a questão da escala. Identificaram uma série de informações reducionistas e convencionais sobre a questão, voltadas para a dimensão ambiental, ignorando-se a social.

Os conteúdos apresentados nos livros didáticos não contribuem para a ampliação da compreensão dos aspectos que envolvem a questão das mudanças climáticas a partir do contexto escolar, uma vez que desconSIDERAM a primeira etapa da construção do conhecimento sobre o assunto, que é a diferenciação entre escalas climáticas. Como, então, poderiam contribuir para a formação de cidadãos autores e conscientes de sua própria realidade, com capacidade para pensar, desenvolver e construir ações ambientais individuais e/ou coletivas? Como o ensino de mudanças climáticas, da maneira que está posto, pode se tornar uma ferramenta para possibilitar a formulação de ações voltadas a sustentabilidade ambiental por parte das crianças e jovens do ensino fundamental e médio?

Silva Filho (2017), em sua investigação sobre livros didáticos de Geografia (do 6º ano) e o ensino do componente físico-natural clima, observou que a existência das diferentes escalas climáticas sequer é mencionada nos capítulos dedicados ao estudo do tema. O autor concluiu, após a análise de seis livros didáticos, que, normalmente, os capítulos das obras consagradas ao assunto possuem essa sequência: inicia-se com a diferenciação entre os conceitos de tempo e clima, seguido de comentários sobre as estações do ano, os dias e noites, passando para características da atmosfera, indica quais são os tipos de chuva, apresenta as massas de ar na América do Sul e finaliza com a descrição dos tipos de climas. Observa-se que não há preocupação em indicar que cada fenômeno estudado está associado à uma ordem de grandeza e como ocorre a articulação entre elas.

Tomemos como exemplo um extrato de um livro didático, mostrado na Figura 6. Observa-se que há uma diferenciação entre tempo e clima. Há referências ao fato de o tempo ser considerado como as condições atuais da atmosfera ou em um instante específico. E, também, ao clima, representado como o conjunto de características do tempo atmosférico observadas em um longo período. Porém, não há menção ao estabelecimento de alguma relação com as ordens de grandeza dos fenômenos climáticos apresentados.



**Figura 6. Páginas iniciais do capítulo do livro didático Geografia Panoramas, volume do 6º ano do ensino fundamental**

Foto: Ercília Torres Steinke.

Nem mesmo quando são apresentados os problemas atmosféricos urbanos, tais como chuva ácida, ilhas de calor e inversão térmica, fenômenos esses atrelados à escala local, há, nos livros didáticos, indicações de como tais fenômenos interagem com escalas superiores, como se os mesmos pudessem ser analisados separadamente do restante do ambiente atmosférico. Sobre isso, Landsberg (1981) já chamava atenção quando se referia ao encaadeamento entre a escala do clima urbano (local) e a escala sinótica:

O clima urbano não pode ser visto isoladamente. Ele é, como todos os climas, a composição estatística dos muitos tipos de tempo diários de uma área. Como tal, as condições em qualquer localidade são regidas pelos padrões climáticos de larga escala óbvios em um mapa meteorológico sinótico. No entanto, cada ambiente modifica mais ou menos as condições locais naquele estrato de ar rarefeito acima do solo chamado de camada limite atmosférica. [...] A interação entre a escala sinótica e a escala local é uma gangorra contínua. Às vezes, as condições climáticas de grande escala são as influências dominantes e, em outras, as condições locais prevalecem, embora ambas estejam sempre

presentes. Como regra geral, pode-se afirmar que durante um padrão de fluxo sinóptico forte, caracterizado por ventos fortes, nuvens e, às vezes, precipitação, as influências locais são amplamente suprimidas. No entanto, quando os ventos são fracos e o céu está claro, com Sol durante o dia e sem nuvens à noite, os efeitos locais controlam a camada mais baixa da atmosfera (Landsberg, 1981, p. 17).

Não há como desconsiderar a escala local, a qual apresenta maior complexidade pela quantidade de elementos e processos envolvidos, e onde a ação modificadora do homem se dá de forma acentuada pela excessiva alteração do meio natural. É nessa escala, em especial, que os seres humanos possuem maior capacidade de alterar os processos e parâmetros atmosféricos. Ao modificar a superfície natural, os aspectos referentes à escala zonal são minimizados e, com isso, ganham relevância as interações entre a radiação solar incidente sobre a superfície modificada. Infelizmente, essa questão não é discutida nos livros didáticos, como podemos identificar na citação a seguir do mesmo material:

No entanto, nos últimos anos aumentaram as discussões e estudos sobre o papel das atividades humanas na aceleração das mudanças climáticas, em escala mundial, regional e local. Essas alterações estão relacionadas à ocorrência de fenômenos como chuva ácidas, aquecimento global, efeito estufa adicional e ilhas de calor (Rama; Pinesso; Moraes, 2019, p. 207).

Observe que os autores não diferenciam as escalas de ocorrência das chuvas ácidas, do aquecimento global, do efeito estufa e das ilhas de calor. Como estabelecer a relação entre aquecimento global e as ilhas de calor, se é a conformação dos elementos da cidade que altera o albedo, a refletância e absorção de energia em nível local, definindo o que se conhece como ilhas de calor?

Ocorre, então, que cabe aos professores, não só a função de indicar aos estudantes em qual ordem de grandeza ocorre determinado fenômeno estudado, mas também, e talvez o mais importante, mostrar a eles que ocorrem relações entre os diferentes níveis escalares. Este é um desafio, posto que, de forma geral, nem mesmo no que se refere à elementar diferenciação entre os conceitos de tempo e clima tais aspectos têm sido abordados.

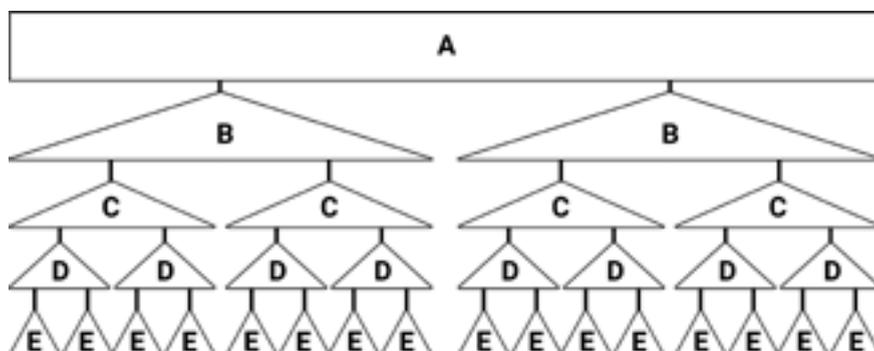
## Uma proposta taxonômica geográfica

Jesus (2008) chama atenção para o fato de haver uma discordância em relação à terminologia referente às escalas do clima entre os geógrafos e os meteorologistas. Para os geógrafos, as grandezas escalares atribuídas ao estudo favorecem a questão espacial, enquanto para os meteorologistas, as escalas privilegiam a questão temporal.

Ribeiro (1993) elaborou uma proposta taxonômica baseada no princípio de que a associação de fenômenos em um dado tempo e espaço criaria unidades, sendo que a cada nível escalar equivaleria uma abordagem própria, de acordo com a extensão espacial, duração do fenômeno e técnicas de análise empregadas.

Para a estruturação de um sistema taxonômico do fenômeno climático, Ribeiro propôs os seguintes critérios orientadores: 1) diferenciação entre escalas superiores (mais próximas do nível planetário) e inferiores (mais próximas da superfície terrestre); 2) os processos físicos interativos em escalas superiores modificariam sucessivamente o comportamento da atmosfera em escalas inferiores; 3) os processos físicos em escalas inferiores repercutiriam de forma limitada nas escalas superiores; 4) o grau de dependência da radiação extraterrestre na definição dos climas é maior nas escalas superiores, enquanto a influência da superfície, inclusive a ação antrópica, é mais explicitada nas escalas inferiores; 5) quanto mais extenso o resultado de determinada combinação, maior o tempo de sua permanência e vice-versa e 6) a extensão de determinada combinação na atmosfera resultaria em uma característica tridimensional.

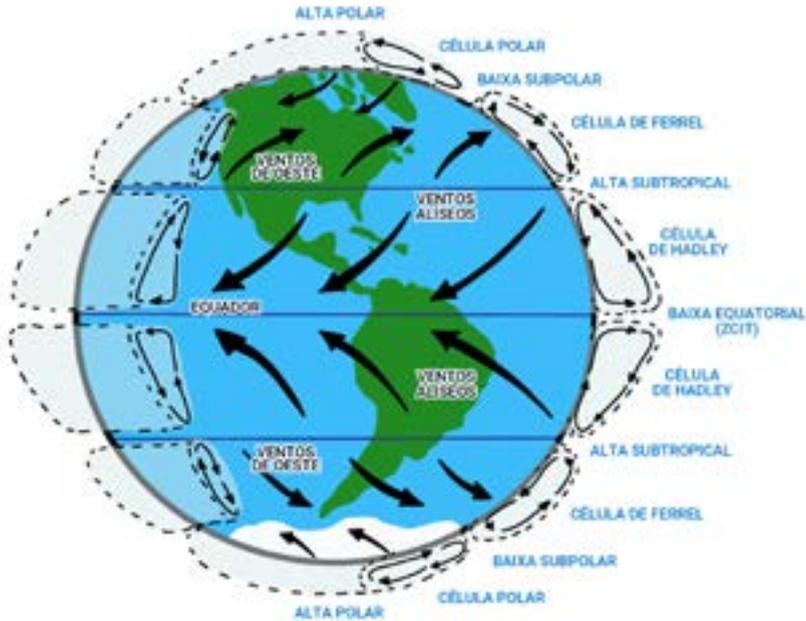
Como base para a taxonomia, Ribeiro apresenta três níveis interativos gerais: 1) microclimático: interação entre radiação solar, curvatura da Terra e movimentos de rotação e translação; 2) mesoclimático: interação entre energia disponível para processos de evaporação, geração de campos de pressão e feições da superfície terrestre e 3) microclimático: interação entre sistemas ambientais particulares na modificação dos fluxos de energia. Assim, segundo os critérios orientadores e os níveis interativos gerais descritos anteriormente, o autor apresenta cinco ordens de grandeza para os climas, as quais estão representadas no esquema mostrado na Figura 7.



**Figura 7. Ordens de grandeza para o fenômeno climático**

Fonte: Elaborado por Thamirys Verneque Silva dos Reis.

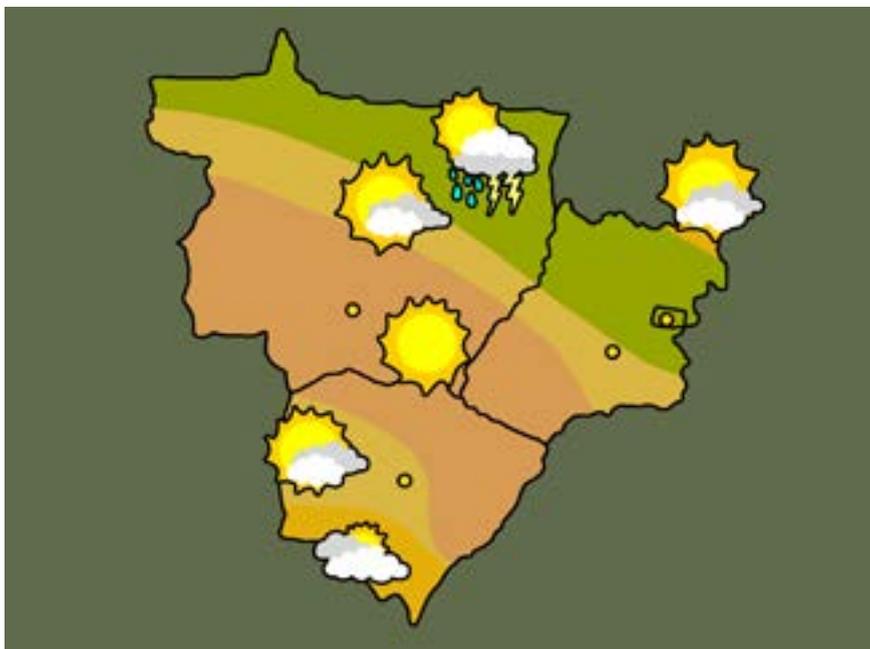
Na Figura 7, a letra “A” corresponde ao que Ribeiro (1993) denominou de CLIMA ZONAL. De acordo com o autor, a diferenciação das zonas térmicas planetárias é originada pela interação entre a distribuição latitudinal desigual da radiação solar, a curvatura da superfície da Terra e a inclinação de seu eixo. É definida, nessa escala, a circulação geral da atmosfera (CGA), com destaque para a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), os cinturões hemisférios de altas e baixas pressões, a Oscilação Sul e as monções. É a maior das unidades climáticas, sendo que os fenômenos atmosféricos apresentam extensão horizontal de mil a 5 mil quilômetros e vertical abrangendo toda a atmosfera. Engloba as zonas: Tropical, Temperada e Polar. A Figura 8 traz uma representação esquemática do clima zonal.



**Figura 8. Representação esquemática do clima zonal com os principais elementos da Circulação Geral da Atmosfera (CGA)**

Fonte: Elaborado por Thamirys Verneque Silva dos Reis e adaptado de Serafini Jr. *et al.* (2008).

A outra ordem de grandeza é o CLIMA REGIONAL, representado na Figura 7 pela letra “B”. É definido pela ação modificadora de fatores de superfície tais como a distribuição entre as áreas continentais e oceânicas, a forma dos continentes, as correntes marítimas, o relevo e a continentalidade/maritimidade no interior de um clima zonal. A influência desses fatores na CGA produz perturbações sinóticas que, por sua vez, criam os centros de ação intermediários entre as escalas superiores e inferiores. São eles: massas de ar e sistemas frontais, que se revelam por meio dos sistemas de circulação atmosférica. Possui extensão horizontal entre 150 e 2.500 quilômetros, limitando-se a vertical abaixo da tropopausa. Os estados de tempo permanecem de um a trinta dias (Ribeiro, 1993). Na Figura 9 podemos ver a representação do clima regional.



**Figura 9. Representação esquemática do clima regional**

Fonte: Elaborado por Thamirys Verneque Silva dos Reis.

Ribeiro afirma que para compreendermos a dinâmica dos climas regionais, é necessário analisar conjuntamente dados registrados em estações climatológicas de superfície, cartas sinóticas e imagens de satélites meteorológicos. Também sugere utilizar séries menores que a Normal Climatológica,<sup>2</sup> na busca da compreensão do ritmo da variação anual, sazonal, mensal e diária dos elementos climáticos associados à circulação atmosférica na escala regional. Essa análise possibilita o estabelecimento de índices de participação dos sistemas atmosféricos (massas de ar e sistemas frontais), os quais são reveladores da regularidade exigida para a caracterização do clima regional.

Já o mesoclima ou CLIMA LOCAL, representado pela letra “C” na Figura 7, é definido quando feições geográficas/fisiográficas ou antrópicas, que afetam o fluxo de energia no balanço de radiação, ou o transporte de massa

---

2. A Normal Climatológica de um parâmetro climático é o valor médio correspondente a um número de anos suficiente para se admitir que ele representa o valor predominante daquele elemento no local considerado. A Organização Meteorológica Mundial (OMM) definiu, para este fim, 30 anos, começando no primeiro ano de cada década.

da circulação regional, provocam variações no clima regional. Assim, aparecem os subsistemas de circulação secundária (Ribeiro, 1993). Ressalta-se que

das características fisiográficas responsáveis pela modificação da circulação regional, destaca-se o papel do relevo, que cria situações de barlavento e sotavento, o que influencia o fluxo da circulação de superfície e, ao mesmo tempo, gera condições para a condensação a barlavento (chuvas orográficas = vertente úmida) e ressecamento a sotavento (vertente seca = sombra de chuva). Por outro lado, as diferenciações altimétricas apresentam, em mesoescala, papel destacado na distribuição da radiação líquida, na retenção do vapor de água e armazenamento de calor sensível. A atuação conjunta desses parâmetros é suficiente para provocar variações no clima regional, gerando as feições dos climas locais (Ribeiro, 1993, p. 291).

A ação antrópica pode ser vista sob dois aspectos como influência nos climas locais. O primeiro leva em conta a capacidade humana de modificar a superfície da Terra, por meio da substituição da vegetação original por agricultura, pastagem, asfalto, concreto e edificações. O outro aspecto diz respeito às alterações na composição da atmosfera, quando as atividades humanas introduzem gases e materiais particulados que afetam o balanço de radiação e a retenção de umidade e do calor sensível, particularmente nas baixas camadas da troposfera.

Esses dois fatores são materializados, principalmente, sobre as cidades, onde se dá a maior degradação da qualidade do ar e se registra alterações nos parâmetros meteorológicos. Por isso, a escala mesoclimática ou local está profundamente ligada ao clima urbano, desde que a área urbana possua tamanho suficiente para poder ser diferenciada da área rural adjacente e/ou atividade poluente significativa (Figura 10).

Como já citado, no plano metodológico, Ribeiro (1993) afirma ser adequada aos estudos de clima urbano a utilização da Análise Rítmica, com o objetivo de compreender a dinâmica da circulação atmosférica de superfície, no que se refere aos seus impactos e/ou interação com os aspectos socioambientais da cidade.



**Figura 10. Exemplo de clima local em Águas Claras, no Distrito Federal**

Foto: Rafael Rodrigues da Franca.

O clima local apresenta uma variação que é provocada pela irregularidade da superfície terrestre, resultando em uma energização desigual do terreno durante o dia, dependendo das diferentes faces de exposição à radiação solar. Essa ordem de grandeza é conhecida como TOPOCLIMA (Ribeiro, 1993), correspondente à letra “D” na Figura 7. Sua extensão horizontal vai de de 0,5 a 5 quilômetros, e a vertical, de 50 a 100 metros. A duração dos processos é curta. Nesta ordem de grandeza, busca-se compreender as relações existentes entre as características da topografia e os parâmetros meteorológicos (Figura 11), com a utilização de dados registrados em equipamentos instalados por toda a área de estudo. Sobre isso, Ribeiro (1993, p. 292) ressalta que

durante a noite, a rugosidade do terreno provoca a drenagem do ar frio em direção aos fundos de vale, principalmente na ausência de fluxos advectivos da circulação de mesoescala, chegando a provocar um padrão de circulação terciária. Durante o inverno, sob condições de esta-

bilidade anticiclônica, no Centro-Sul do Brasil, a ocorrência de geadas e nevoeiros em função da drenagem e acúmulo de ar frio constituem fenômenos de natureza topoclimática.



**Figura 11. O topoclíma depende da topografia local, especialmente da configuração dos terrenos e da exposição desses em relação à radiação solar**

Foto: Ercília Torres Steinke.

Paulo e Fialho (2021) questionaram em qual nível da posição da taxonomia escalar o topoclíma se enquadraria, uma vez que há, entre vários autores, diferenças com relação a terminologia. Enquanto Ribeiro (1993) enquadra o topoclíma entre o clima local e o microclimático, para Mendonça e Danni-Oliveira (2007), ele ocuparia um lugar intermediário entre o regional e o microclima, o que é corroborado por Jesus (2008), que afirma que a compartimentação topoclimática produz inúmeras variações no interior de um clima regional. Sobre esse assunto, Paulo e Fialho (2021, p. 114) destacam que

obviamente, as fronteiras entre essas noções são bastante confusas e não podem ser rigorosamente determinadas. Parece que há concordância com a seguinte observação: se o mesoclíma é uma noção regional, o topoclíma é antes uma noção tipológica. Assim, cada mesoclíma pode-

ria ser dividido em uma série de topoclimas, por exemplo, topoclimas vales, prados, florestas, terra urbanizada etc.

Por fim, o nível escalar mais próximo dos indivíduos é o MICROCLIMA, letra “E” da Figura 7. Ribeiro afirma que se define por meio das trocas gasosas e energéticas entre feições ou estruturas particulares como objetos, plantas e animais encontrados na superfície terrestre e o ar a eles adjacente. Destaca que

a microrugosidade, a cor e a textura das superfícies, aliadas aos abrigos dispostos junto ao solo, como as edificações e a vegetação constituem-se nos elementos que promovem a diferenciação na magnitude das trocas energéticas e gasosas que irão, por sua vez, modificar o comportamento do ar circundante (Ribeiro, 1993, p. 293).

O microclima foi definido por Geiger (1961) como sendo o conjunto de fenômenos que ocorrem na camada de ar junto ao solo ou à uma certa altura. A escala microclimática há muito tempo já é utilizada nas Ciências Agrárias por meio dos estudos de Micrometeorologia – ramo da Agrometeorologia que estuda fenômenos de variação diária em microescala. Esse ramo investiga os fluxos de calor e de água associados às plantas, bem como as relações com outros fatores bióticos e abióticos que interferem em seu desenvolvimento.

Geiger (1961) ressalta que na camada de ar junto ao solo podemos encontrar condições diversificadas em pequenas escalas de tempo e de espaço. O atrito, por exemplo, aumenta à medida que se aproxima da superfície e isso interfere nos fenômenos de deslocamento dos fluxos de ar que ocorrem na camada de ar junto ao solo. É nessa camada que se desenvolvem as plantas que, especialmente no início do crescimento, são mais sensíveis as chuvas torrenciais e mais sujeitas a danos causados por condições estressantes. Com o desenvolvimento das plantas, diminui a influência da camada de ar e a condição microclimática vai sendo modificada, criando um microclima diferente do anterior, com novas relações se estabelecendo entre os fatores.

Galvani (2019) apresenta um interessante relato de estratégias utilizadas para obtenção de dados primários em pesquisas realizadas nas escalas microclimáticas. Uma dessas está relacionada ao projeto que objetivou avaliar a relação existente entre a estrutura da vegetação, a variação da mare, os sistemas atmosféricos e atributos climáticos, tais como temperatura do ar, umidade absoluta do ar, radiação solar global, vento e precipitação, no ambiente manguezal localizado na Barra do Ribeira, em Iguape (SP). Para

tanto, foi instalada no manguezal uma torre micrometeorológica com 12 metros de altura (Figura 12), descrita pelo próprio autor como

uma espécie de balsa semifixa depositada no substrato lodoso composto de bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) e alternados com vigas de madeira sobre a qual se assentou a base da torre de alumínio galvanizado. Tirantes e fixadores, distribuídos em três pontos da torre, em ângulo de 120° deram apoio lateral à estrutura (Galvani, 2019, p. 133).



**Figura 12. Estação Meteorológica Automática instalada no manguezal do Parque Estadual Ilha do Cardoso**

Foto: Nádía Gilma Beserra de Lima.

Jesus (2008) destaca que vários autores, como Oliver e Fairbride (1987), Atkinson (1987), Ribeiro (1993), Jesus (1995), Mendonça e Danni-Oliveira (2007), desenvolveram discussões sobre escalas do clima, ressaltando que existem divergências em relação a vários aspectos entre os

quais, nome, divisões escalares, abrangência territorial de cada unidade, tempo de duração, definição dos processos envolvidos em cada escala, bem como fatores intervenientes e graus de importância a serem atribuídos aos níveis espacial e temporal. Apesar das divergências, afirma que existem preocupações comuns como interferências entre níveis escalares, pressupostos básicos similares e concordância com referência à tridimensionalidade das combinações atmosféricas.

De qualquer forma, Mendonça e Danni-Oliveira (2007) ressaltam que alguns termos possuem melhor aceitação no meio climático-meteorológico no que se refere às dimensões espaciais e temporais. Em relação a dimensão espacial, afirmam que os termos macroclima, mesoclima e microclima são mais utilizados. O macroclima compreende os climas zonais e regionais, tendo como referência espacial o planeta Terra, um hemisfério, oceano, continente etc.; o mesoclima está associado aos climas regionais, locais e os topoclimas, destacando-se como referência espacial uma região natural e/ou metropolitana, cidades etc., e por fim, os microclimas possuem como referência espacial pequenos espaços como um bosque, uma rua, uma casa.

Independente do termo usado, a principal preocupação, no que concerne ao ensino do clima na escola, enquanto componente da Geografia, no contexto das mudanças climáticas, é fazer o aluno compreender a articulação existente entre as escalas. A relação entre a recomposição da vegetação nas áreas urbanas, por exemplo, pode minimizar os efeitos da urbanização nos parâmetros meteorológicos (microclima), que ao mesmo tempo corresponde à uma das estratégias de adaptação às temperaturas mais elevadas prognosticadas pelas mudanças climáticas (mesoclima).

## **Considerações finais**

As reflexões apresentadas nesse capítulo têm como principal propósito contribuir para a compreensão da seguinte questão: como se apropriar do conhecimento acerca das escalas do clima no processo de ensino-aprendizagem sobre as mudanças climáticas? Não há como responder sem levar em conta que o sistema climático da Terra é altamente complexo e que a enorme gama de escalas sobre as quais os climas interagem incluem fenômenos tão diversos quanto multifacetados (furacões, ilhas de calor, tempestades, massas de ar etc.). Cada um dos fenômenos, definidos em uma escala, representa um foco de investigação. Mas, provavelmente, não é realista atribuir a um único

nível escalar, qualquer que seja, a gênese de um desses inúmeros eventos. Mais apropriado para o ensino, seria não estabelecer o predomínio de nenhuma escala em particular, mas buscar evidenciar como as diferentes ordens de grandeza se combinam e concorrem para explicar processos e padrões, de forma realista e eficaz. O sistema climático, assim como qualquer outro, é integrado, e o veículo mais adequado para ensiná-lo é a compreensão de suas escalas.

## Referências

ALLEN, John; MASSEY, Doreen; COCHRANE, Allan. **Rethinking the region**. London: Routledge, 1998.

ATKINSON, Bruce W. Atmospheric process: Global and local. *In*: CLARK, Michael J.; GREGORY, Kenneth J.; GURNELL, Angela M. (eds.). **Horizons in Geography**. London: Macmillan Education, 1987, p. 121-133.

BERTRAND, Georges; TRICART, Jean. Paysage et géographie physique globale: esquisse methodologique. **Révue de Géographie des Pyrénées et Sud-Ouest**, n. 39, p. 249-72, 1968. Disponível em: <https://bit.ly/3Zt9hpP>. Acesso em: 15 jan. 2023.

BORSATO, Victor A.; SOUZA FILHO, Edvard E. O ritmo climático e episódios pluviométricos no ano de 1980 na vertente ocidental da Bacia do Alto Rio Paraná Brasil. **Geografia**, Londrina, v. 17, p. 83-109, 2008. Disponível em: <https://bit.ly/3ZvW9QA>. Acesso em: 07 dez. 2022.

BREDA, Thiara V.; GARCÍA DE LA VEGA, Alfonso. El desarrollo del razonamiento espacial a través de una propuesta didáctico-lúdica en la ciudad. **Didáctica Geográfica**, n. 20, p. 197-220, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/4dd2nYL>. Acesso em: 21 jan. 2023.

CLAVAL, Paul. Regional geography: Past and present (A review of ideas, approaches and goals). **Geographia Polonica**, v. 80, n. 1, p. 25-43, 2007. Disponível em: <https://bit.ly/3TZsUIV>. Acesso em: 21 jan. 2023.

DANIELS, Patricia; FALLOW, Allan; KINNEY, Karin (eds.). **Tempo e clima**. Rio de Janeiro: Abril Livros, Time Life, 1995. (Coleção Ciência e Natureza).

FORD, Derek; WILLIAMS, Paul. **Karst Hydrogeology and Geomorphology**. London: John Wiley and Sons Ltd, 2007.

FORSDYKE, Arthur George. **Previsão do tempo e clima**. 3. ed. São Paulo: Melhoramentos, 1981.

GALVANI, Emerson. Produção de dados em climatologia geográfica: aplicação às escalas inferiores do clima. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 15, edição especial, XIII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, jun. 2019. Disponível em: <https://bit.ly/4eyBRKL>. Acesso em: 24 jan. 2023.

GARBIN, Estêvão Pastori; SANTIL, Fernando Luiz de Paula; SILVEIRA, Hélio. Análise da percepção das variáveis de acordo com a categorização das feições das cartas sinóticas. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 63/03, p. 427-438, 2011. Disponível em: <https://bit.ly/3zuRq7d>. Acesso em: 19 nov. 2022.

GARCÍA DE LA VEGA, Alfonso. Spatial Thinking Ability Acquisition through Geospatial Technologies for Lifelong Learning. *In*: GONZÁLEZ, Rafael de Miguel; DONERT, Karl; KOUTSOPOULOS, Kostis (eds.). **Geospatial Technologies in Geography Education**. Cham: Springer, 2019, p. 15-40.

GEIGER, Rudolf. **Manual de micrometeorologia**: o clima da cama de ar junto ao solo. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1961.

HANN, Julius von. Handbuch der Klimatologie. **Meteorologische Zeitschrift**, Viena, 1883.

JANELLE, Donald G. Time, Space, and the Human Geographies of Opportunity. *In*: WUPPULURI, Shyam; GHIRARDI, Giancarlo (eds.). **Space, Time and the Limits of Human Understanding**. Cham: Springer, 2017, p. 487-501.

JESUS, Emanuel F. R. Algumas reflexões teórico-conceituais na climatologia geográfica em mesoescala: uma proposta de investigação. **Geotextos**: Revista da Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Bahia, Salvador, v. 4, n. 1, 165-187, 2008. Disponível em: <https://bit.ly/3B7QmXg>. Acesso em: 01 dez. 2022.

JESUS, Emanuel F. R. **Espaço, tempo e escala em Climatologia**. 1995. 181f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <https://bit.ly/3zoELCQ>. Acesso em: 19 nov. 2022.

LANDSBERG, Helmut. **The Urban Climate**. New York: Academic Press, 1981.

LIOTTI, Luciane C.; CAMPOS, Marília A. T. Livros Didáticos do Ensino Médio e o Conhecimento Escolar Sobre Mudanças Climáticas. **Revbea**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 19-36, 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3BcMuEv>. Acesso em: 06 jan. 2022.

MASSEY, Doreen. Geography on the agenda. **Progress in Human Geography**, v. 25, n. 1, p. 5-17, 2001. Disponível em: <https://bit.ly/3MT1zgZ>. Acesso em: 25 jan. 2023.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MITCHELL, J. Murray. An overview of climatic variability and its causal mechanisms. **Quaternary Research**, v. 6, n. 4, p. 481-493, 1976. Disponível em: <https://bit.ly/3Bclxko>. Acesso em: 07 dez. 2022.

MONTEIRO, Carlos Augusto Figueiredo. **Análise rítmica em Climatologia**. Problemas da atualidade climática no Estado de São Paulo e achegas para um programa de trabalho. São Paulo: Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 1971. (Série Climatologia 1).

MONTELLO, Daniel R. Regions in Geography. *In*: DUCKHAM, Matt; GOODCHILD, Michael; WORBOYS, Michael (eds.). **Foundations of Geographic Information Science**. Nova York: Springer, 2003, p. 173-189.

MOORE, Adam. Rethinking scale a geographical category from analysis to practice. **Progress in human geography**, v. 32, n. 2, p. 203-225, 2008. Disponível em: <https://bit.ly/4eOICtd>. Acesso em: 25 jan. 2023.

NICOD, Jean. Nouvelles recherches géomorphologiques sur les karsts méditerranéens, **Karstologia**, n. 1, p. 33-38, 1983. Disponível em: <https://bit.ly/4e9DmPH>. Acesso em: 25 jan. 2023.

PAULO, Maria L. S.; FIALHO, Edson S. A Dinâmica da Temperatura e Umidade Relativa do Ar Frente à Altitude e aos Sistemas Sinópticos no Percurso Ponte Nova/ Ubá, Zona da Mata Mineira. *In*: FERREIRA, Cássia de C. M.; FIALHO, Edson S.; OLIVEIRA, Thiago A. de (orgs.). **Experimentos em climatologia geográfica**. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2021. Disponível em: <https://bit.ly/4dgCPKi>. Acesso em: 18 jun. 2022.

OLIVER, J. E.; FAIRBRIDGE, R. W. **Enciclopédia de Climatologia**. New York: V. N. Reinhold, 1987.

RAMA, Angela; PINESSO, Denise; MORAES, Marcelo. **Panoramas Geografia - 6º ano**. São Paulo: Ática, 2019.

RIBEIRO, Antonio G. As escalas do clima. **Boletim Geografia Teorética**, Rio Claro, v. 23, p. 45-49, 1993.

SANT'ANNA NETO, João Lima. A climatologia dos geógrafos: a construção de uma abordagem geográfica do clima. *In*: SANT'ANNA NETO, João Lima. **Uma geografia em movimento**. São Paulo: Expressão Popular, 2010, v. 1, p. 295-318.

SAUER, Carl O. The morphology of landscape. **University of California Publications in Geography**, v. 2, p. 19-25, 1925.

SERAFINI Jr, S; GALVANI, E; LIMA, N; ALVES, R.R. Adequação da escala Climatológica para planos de manejo: O Parque Estadual de Intervalos como estudo de caso. *IV: SEMINÁRIO LATINOAMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 5., SE-MINÁRIO IBEROAMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 2008*, Santa Maria. **Anais [...]** Santa Maria: UFSM, 2008. 1 CD ROM.

SILVA FILHO, Rubem Josué da. **Avaliação preliminar da abordagem do tema massas de ar, nos livros didáticos de Geografia, do 6º ano do Ensino Fundamental, utilizados nas escolas da rede pública no Distrito Federal**. 2017. 54f. Monografia (Graduação em Geografia) – Universidade de Brasília, Brasília.

VIDAL DE LA BLACHE, Paul. Les régions françaises. **Revue de Paris**, p. 821-841, 1910.

YOSHIMIZU, Hiroya. Multi-Scale Geography Lesson using the Concept of Geographical Scale: For Better Dynamic Geography Lesson. **The Journal of Social Studies Education**, p. 25-33, 2013. Disponível em: <https://bit.ly/3Xx5RQe>. Acesso em: 25 jan. 2023.

ZANGALLI JUNIOR, Paulo C.; SANT'ANNA NETO, João L. Mudanças Climáticas Globais: Uma Questão de Escala. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 8, p. 619-627, 2012. Disponível em: <https://bit.ly/3B963xn>. Acesso em: 25 jan. 2023.

ZAVATTINI, João Afonso. O uso das cartas sinóticas nos estudos de Climatologia Geográfica. *In: SILVA, Charlei Aparecido da; FIALHO, Edson S.; STEINKE, Ercília T. (orgs.). Experimentos em Climatologia Geográfica*. Dourados: UFGD, 2014, v. 1, p. 243-269.

ZEZZO, Larissa V.; COLTRI, Priscila P. Educação em Mudanças Climáticas no contexto brasileiro: uma revisão integrada. **Terræ Didática**, n. 18, p. 1-12, 2022. Disponível em: <https://bit.ly/3Xx68me>. Acesso em: 25 jan. 2023.

ZHAO, Jiayan *et al.* Exploring the effects of geographic scale on spatial learning. **Cognitive Research: Principles and Implications**, p. 5-14, 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3ZvrYce>. Acesso em: 25 jan. 2023.

## CAPÍTULO 2

# POR QUE OS CLIMAS MUDAM?

*Priscila Pereira Coltri*

*Ercília Torres Steinke*

*Roberto Greco*

Neste capítulo veremos de forma prática porque os climas da Terra mudam e como eles sempre mudaram ao longo da história. Observaremos também a diferença entre fenômenos naturais do clima e aqueles provocados pela atividade humana. Por fim, traremos uma reflexão importante sobre a relação entre o clima e a sociedade.

### **Introdução**

Na atualidade, muito se escuta sobre mudanças nos climas. Esse assunto circula nos mais diferentes meios, perpassando por matérias em jornais e revistas, chegando a ambientes escolares, universitários e mesmo políticos. É recorrente escutarmos questionamentos sobre “locais que antes choviam, mas agora não chovem mais”, ondas de calor intensas, frio extremo, secas duradouras, alagamentos, chuvas torrenciais. Esses eventos normalmente são associados a seus impactos. As chuvas torrenciais em locais desabitados, por exemplo, não causam tantos prejuízos econômicos e humanos quanto nas moradias em áreas de risco, altamente populosas.

Nesse contexto, surgem os questionamentos da sociedade: O que está acontecendo? Por que os climas mudam? Sempre mudaram?

A resposta a última pergunta parece simples. Sim, os climas sempre mudaram. Mas, agora, conforme veremos nesse capítulo, têm mudado de forma mais intensa e abrupta. Muito mais rápido do que se imaginava, resultado principalmente das escolhas da sociedade.

Antes mesmo de iniciar as discussões a respeito das mudanças dos climas, é necessário lembrar uma questão muito importante: o planeta Terra não possui um só clima. Devido ao recebimento diferencial de energia solar, em função da latitude e da inclinação, e sua interação com a superfície terrestre, são produzidos diversos climas, sendo a definição da primeira grande classificação climática planetária determinada pela atuação das células de circulação atmosférica. Assim, temos os climas equatoriais,

tropicais, temperados e polares. Portanto, o correto é nos reportarmos às mudanças nos “climas da Terra” e não no “clima da Terra”, como é muito recorrente, principalmente, na mídia.

Há muitas discussões e até divergências sobre esse tema. “Mudanças climáticas”, algumas vezes, recai no campo das “crenças”, quando, por exemplo, nos deparamos com o seguinte questionamento: Você acredita em mudanças climáticas? As discussões, na maioria das vezes, tomam uma vertente política (relacionado ações climáticas a diferentes partidos políticos). Essas confusões dificultam não somente o entendimento do assunto, como também, a proposição de alternativas para a minimização dos impactos.

É necessário entendermos mudanças climáticas como uma ciência interdisciplinar, que possui base física, humana, tecnológica, social e econômica.

O presente capítulo discute as forças naturais que fazem os climas mudarem, as mudanças e suas origens antrópicas. Relaciona também as atuais mudanças climáticas às escolhas da sociedade e, por fim, demonstra a necessidade de atitudes mais assertivas para um futuro melhor.

## **Clima e tempo**

Desde os primórdios, os seres humanos buscam entender o funcionamento da atmosfera. Fenômenos como chuva, vento, neve, trovão, furacão têm sido registrados na literatura desde 340 a.C., época na qual Aristóteles escreveu o primeiro tratado de Meteorologia, intitulado *Meteorologica*. A relação do homem e da sociedade com os climas é intrínseca. Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 11), em sua clássica obra, destacam que:

[...] a partir do momento em que o homem tomou consciência da interdependência das condições climáticas e daquelas resultantes de sua deliberada intervenção ao meio natural, como necessidade para o desenvolvimento social, ele passou a produzir e registrar o conhecimento sobre os componentes da natureza.

Segunda Heymann (2010), ao longo da história, tanto o conceito quanto o conhecimento sobre o clima passaram por mudanças significativas. O autor ressalta que a forma como o clima é compreendido está diretamente relacionada a diferentes atores e comunidades. Por fim, a interpretação do clima não se baseia exclusivamente em avanços científicos, mas também é influenciada por fatores tecnológicos, sociais, políticos e culturais.

Portanto, compreender os climas (e suas mudanças) está para além do entendimento apenas do sistema climático, há uma relação direta com a sociedade, a tecnologia e contexto político, cultural e econômico.

Diferentes concepções foram sendo discutidas ao longo dos anos. No início do século XX, por exemplo, o clima era considerado pelos cientistas como estável dentro das escalas de tempo humanas. Esse conceito mudou no final do século, quando o clima foi concebido como algo mudando no tempo cronológico (Heymann, 2010). Essa diferenciação no conceito fez com que os cientistas se concentrassem em entender os processos físicos da atmosfera que impulsionavam as mudanças climáticas. Portanto, na história do planeta, os climas sempre mudaram.

Para entender o porquê e como ocorreram ao longo dos anos, é necessário, primeiro entender o significado de clima, sistema climático e a diferença entre os termos “clima” e “tempo”. Embora pareça trivial, entender esses conceitos separados do contexto sociopolítico-econômico, é importante para diferenciar mudança do clima de variabilidade natural no tempo.

Há algumas definições nos trabalhos científicos sobre as mudanças no clima. A grande diferença entre as linhas de pesquisa está relacionada a inclusão (ou não) dos efeitos das atividades humanas no aumento da variabilidade climática. Grande parte da literatura amplamente divulgada, já provam, cientificamente, os efeitos das ações humanas. O Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, 2001) define mudança climática (*climate change*) como sendo as modificações temporais devido à variabilidade natural e/ou resultados de atividades humanas. Alguns autores adotam, para o mesmo termo, a definição de mudanças associada direta ou indiretamente às ações humanas que alteram a variabilidade climática natural observada num determinado período.

“Variabilidade climática” define variações dos climas em função das forçantes naturais do planeta e suas interações, por isso tem-se a expressão “variabilidade natural do clima”. Já o conceito de “mudanças climáticas”, dentro da emergência atual, está relacionado às alterações na variabilidade natural dos climas, resultante das atividades antrópicas.

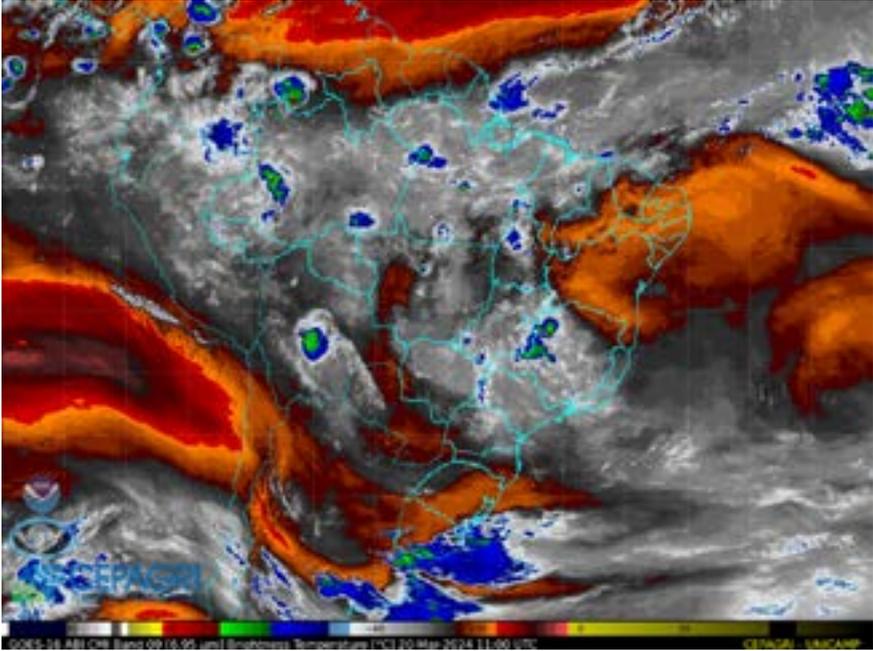
Segundo Organização Meteorológica Mundial (OMM), a evolução do funcionamento da atmosfera muda constantemente em diferentes escalas de tempo (por exemplo, anualmente ou em décadas), e as variações se dão em curto, médio e longo prazos.

Independente da categoria, o que constatamos é que, de forma geral, as pessoas não sabem a diferença entre “tempo” e “clima”. É muito comum observarmos, no diálogo cotidiano entre as pessoas, e até em textos de reportagens de jornais, os termos “tempo” e “clima” sendo utilizados sem distinção.

De maneira didática, tempo (meteorológico) é o estado instantâneo da atmosfera em um certo local, ou conforme descrito por Sampaio e Dias (2014), as “condições meteorológicas instantâneas vigentes num determinado lugar e num determinado instante”. O tempo (meteorológico) pode ser medido/quantificado por sensores especializados em estações meteorológicas (termômetros, pluviômetros, radiômetros, anemômetros, etc.), em satélites, radares meteorológicos, balões meteorológicos, entre outros. A Figura 1 apresenta um exemplo de imagem do satélite meteorológico *Geostationary Operational Environmental Satellite* (Goes) (<https://bit.ly/4ewhhtt>). Por meio de sensores específicos a bordo, é possível realizar diferentes medições da atmosfera. Os instrumentos conseguem medir e registrar os parâmetros meteorológicos<sup>3</sup> em um certo lugar e instante. Ao verificar esses dados, podemos afirmar se, por exemplo, o “dia está quente e seco”, “se a tarde foi quente” ou ainda se “ontem choveu muito no meu bairro”. Esses conceitos, portanto, estão relacionados ao tempo atmosférico.

---

3. As principais variáveis físicas que determinam o comportamento termodinâmico da atmosfera, como: temperatura, precipitação, umidade relativa, radiação, insolação, pressão atmosférica, vento, evaporação.



**Figura 1. Medições do tempo. Imagem do Satélite Meteorológico GOES-R (disponível na Universidade Estadual de Campinas)**

Fonte: <https://bit.ly/4evzhF5>. Acesso em: 20 nov. 2023.

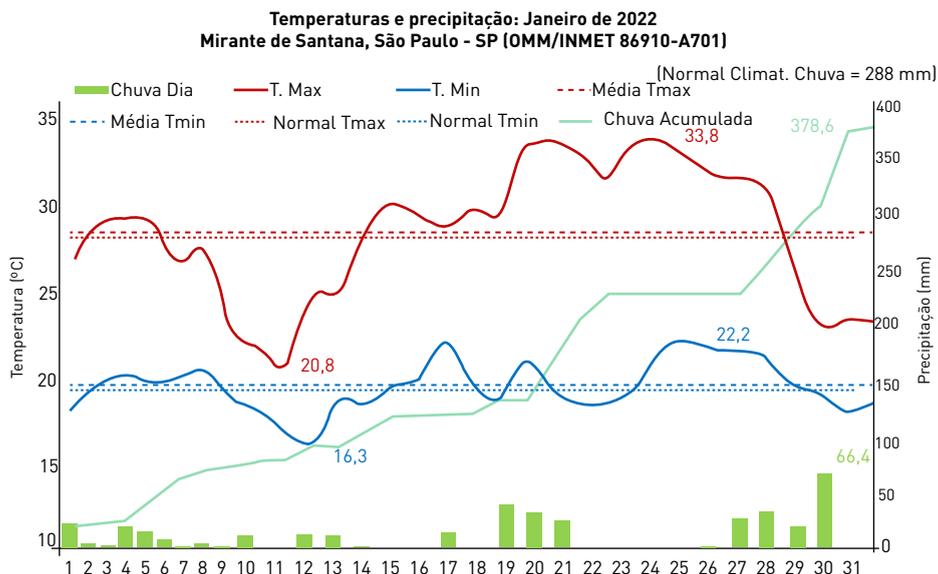
O tempo atmosférico muda constantemente no tempo (cronológico) e no espaço. Essas variações são naturais e estão relacionadas a fatores principalmente da dinâmica dos sistemas atmosféricos e sua interação com a superfície terrestre.

A Figura 2 apresenta o gráfico com os registros diários das temperaturas do ar e da precipitação ao longo de janeiro de 2022, medidos no Mirante de São Paulo, na cidade de São Paulo (capital). A linha vermelha, conhecida como curva térmica, representa a variação diária das temperaturas máximas do ar registradas. Analisando essa curva, observamos que a temperatura máxima, naquele mês, variou entre 20,8 e 33,8°C. O mesmo pode ser observado com relação à curva térmica representativa das temperaturas mínimas do ar (linha azul), que oscilaram entre 16,3 e 22,2°C.

Da mesma forma, a variação da precipitação pode ser observada por meio das barras verdes, conhecidas como colunas de chuva. O acumulado do mês foi de 378,6 milímetros, com dias sem registro, bem como dias com

pouca e com muita chuva. Assim, há uma variação natural dos parâmetros, com dias mais e menos quentes, bem como dias mais chuvosos e menos.

O local geográfico da estação meteorológica (latitude, longitude, altitude) e o período do ano (nesse caso, janeiro), nos quais foram realizados os registros, são importantes para podermos analisar os parâmetros naquele mês (ou estação), entendendo se variaram de acordo com a “média” esperada ou representaram situações não habituais.



**Figura 2. Variação da temperatura (em graus celsius) e precipitação (em milímetros) registrados no Mirante de São Paulo (SP)**

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet). Disponível em: <https://bit.ly/47ynkME>. Acesso em: 20 nov. 2023.

As médias esperadas também estão representadas no gráfico (Figura 2), por meio das linhas vermelha e azul pontilhadas (chamadas de “normal Tmax” e “normal Tmin”). Essa “normal” se refere ao que se conhece como normal climatológica.

Segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM), o clima de um determinado local é caracterizado pelos valores médios dos parâmetros climáticos (temperatura, precipitação, vento, entre outros). O valor “padrão” de qualquer parâmetro meteorológico correspondente a

um longo período cronológico (anos) para se considerar a representação do valor que predomina no local estudado.

Assim, as “normais climatológicas” são obtidas pelo cálculo das médias dos parâmetros meteorológicos, obedecendo critérios recomendados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), que estabelece um mínimo de 30 anos de dados. Ou seja, é necessário medir por pelo menos 30 anos a temperatura do ar (ou chuva, ou qualquer outra variável meteorológica) para se definir a referência daquele local, ou a “normal climatológica”. As normais climatológicas do Brasil podem ser encontradas no site do Instituto Nacional de Meteorologia, Inmet, no endereço: <https://bit.ly/47z0IeV>.

Na Figura 2, é possível observar que a normal climatológica para temperatura do ar máxima, em janeiro de 2022, para a estação do Mirante de Santana, é de 28,2°C. No mês, foi registrado 28,5°C, portanto, as temperaturas do ar máximas ficaram ligeiramente acima da normal climatológica. Da mesma forma, o registro da temperatura mínima do ar e do total mensal da precipitação mostraram valores acima da média.

De forma didática e, também, separando o termo do contexto social, político e econômico, a normal climatológica pode representar a principal característica climática de uma região que determina o tipo de clima do local. Assim, seguindo esse raciocínio, o clima “descreve as condições meteorológicas médias para um determinado local e durante um longo período de tempo (atmosférico), por no mínimo, 30 anos” (WMO, 2022).<sup>4</sup>

A depender da época e do contexto em que o conceito de clima foi definido, os autores atribuíram diferentes definições. Sorre (1957), por exemplo, definiu-o como a série de estados da atmosfera em um lugar, em uma sucessão habitual. Já Köppen (1901) considera clima como o somatório das condições atmosféricas que fazem um local ser mais ou menos habitável para seres vivos. Ele considera o clima como estável, o que condiz com os estudos da época.

Grande parte dos autores que definem clima consideram essa sucessão habitual das variáveis meteorológicas da atmosfera ao longo do tempo. Após a determinação do período mínimo de trinta anos, pela OMM, as médias simples se tornaram boas referências para caracterizar os climas. Por se tratar de uma estatística, é muito normal as variações em torno dessa média.

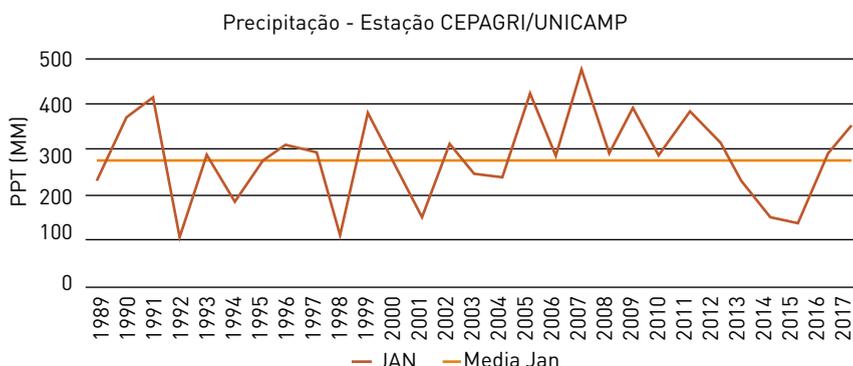
Vale lembrar a importante afirmação de Sorre (1934), que nos lembra que a “média” é uma abstração matemática e que as condições climáticas de qualquer região estão além dessa consideração. A utilização de cálculos

---

4. Definição no site da WMO: <https://bit.ly/4gAGvK6>. Acesso em: 20 nov. 2023.

estatísticos inegavelmente descreve as características essenciais dos padrões climáticas de um lugar, principalmente quando longas séries temporais de dados meteorológicos são utilizadas. Porém, ao mesmo tempo, não consegue representar todas as interações porque não considera os “desvios” em relação às “médias”. Esses eventos qualificados como “desvios” ou anomalias são aqueles que resultam em grandes prejuízos à sociedade.

A Figura 3 apresenta a precipitação registrada na Estação Meteorológica do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura (Cepagri), da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), no município de Campinas, interior de São Paulo. Na figura, a linha amarela representa a normal climatológica de precipitação para janeiro. A laranja traz a precipitação registrada no mesmo mês, de 1989 a 2017. É possível observarmos uma variação em torno da média, que é natural e nomeada como “variabilidade natural do clima”, ou seja, são variações nos padrões médios, em diferentes escalas, que extrapolam um evento isolado atípico.



**Figura 3. Registro de precipitação na Estação Meteorológica do Cepagri da Unicamp**

Fonte: Arquivo pessoal com dados gerados pela Estação Meteorológica do Cepagri.

Assim, uma mudança na normal climatológica, determinada por modificações na circulação geral da atmosfera, representaria uma mudança climática. Segundo o IPCC (2014), refere-se à variação estatisticamente significativa tanto na média quanto na variabilidade dos climas, persistindo por um período extenso, maior que décadas. Portanto, podemos falar em mudança climática, quando tem-se uma referência para comparar.

Diferentes forçantes<sup>5</sup> fazem os climas mudarem. Elas podem ser de ordem natural, como variações na órbita do planeta, vulcões, mudanças na composição da atmosfera, entre outras, e de ordem antropogênica, como uso e ocupação da terra, desmatamento, altas emissões de gases de efeito estufa provenientes de combustíveis fósseis, atividades industriais, além de outras.

Nesse contexto, os climas sempre mudaram. Seja pelas forçantes naturais, seja, como atualmente, pelas forçantes antrópicas.

## **Forçantes naturais**

O Sol e a Terra possuem uma relação funcional entre eles. Essa relação não é estática, pois os movimentos do planeta mudam continuamente a perspectiva geométrica entre a Terra e o Sol. O fator importante que resulta dessa relação é a incidência de radiação solar, que pode ocorrer em curto prazo ou longo prazo. Sendo assim, haverá variação nos elementos meteorológicos.

Os movimentos que determinam variações de curto prazo são a rotação e translação da Terra. Esses resultam na variação de insolação (diária e anual, respectivamente) percebida diariamente pelas pessoas. Os demais movimentos cíclicos, chamados de parâmetros orbitais, são praticamente imperceptíveis na escala humana por acontecerem em longos períodos de tempo (que possuem uma vida média de 70 anos). Todavia, são essenciais nas variações dos climas, porque mudam distribuição de energia, o que exerce uma crucial influência sobre os controles climáticos do planeta.

Os parâmetros orbitais se constituem em importantes fatores que fazem com que as condições meteorológicas mudem com o tempo, mas, não mais na escala diária e anual, e sim, na de milhares de anos, o que corresponde a uma variação natural de recebimento de energia solar de **longo prazo**.

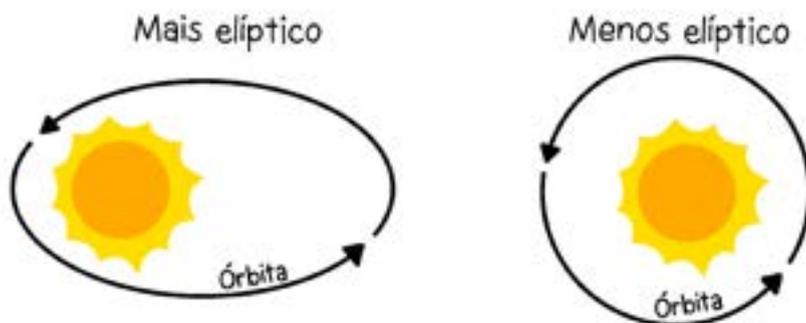
Esses parâmetros foram estudados por Milutin Milankovitch, em 1920, para explicar as causas dos períodos glaciais. Sua teoria, que ficou conhecida como Ciclos de Milankovitch, presumia que a radiação solar que incide sobre a Terra dependeria dos parâmetros astronômicos descritos abaixo:

O primeiro é chamado de “excentricidade da órbita da Terra”. É um parâmetro que mede a diferença entre as distâncias Terra-Sol no periélio (ponto da órbita em que a distância do Sol é a mínima possível) e no

---

5. Forçantes climáticas são fatores (ou agentes) do sistema climático que forçam ou impulsionam o clima a mudar, alterando o balanço de energia da Terra. São os mecanismos potenciais das mudanças climáticas.

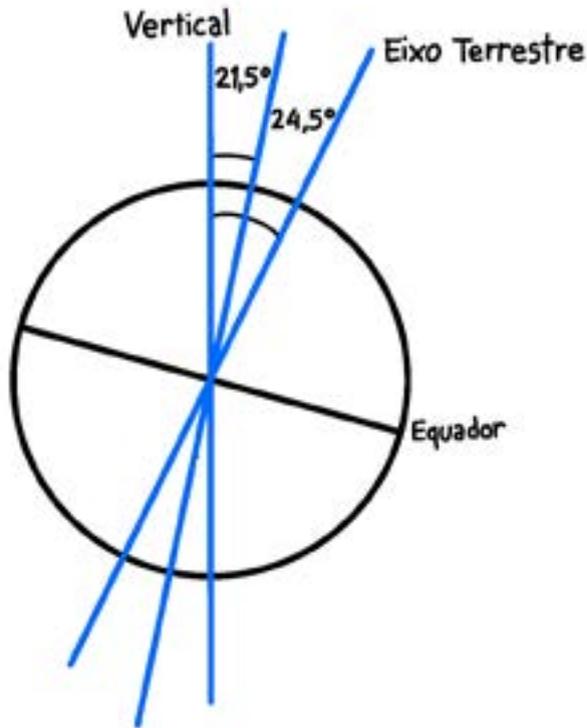
afélio (ponto da órbita em que a distância do Sol é a máxima possível). A excentricidade indica quanto a órbita da Terra se desvia de um círculo, isto é, o quanto ela se torna mais elíptica. Quando a órbita é circular, o Sol encontra-se no centro do círculo e quando a órbita é elíptica, ele se localiza em um dos pontos: no afélio ou no periélio. A excentricidade varia entre 0 (mais circular) e 0,06 (altamente elíptica) (Figura 4) em um período de aproximadamente 100 mil anos. Essa mudança regular e previsível do formato da órbita da Terra ocorre em função de um complexo jogo de forças gravitacionais entre os planetas do Sistema Solar. Equivale a uma variação natural do recebimento de energia em longo prazo. Segundo Su-guiu (1999), quanto maior for o valor, aumentam as diferenças de duração e intensidade da insolação entre o verão e o inverno.



**Figura 4. Representação esquemática da excentricidade da órbita terrestre**

Fonte: Elaborada por Thamirys Verneque Silva dos Reis.

O segundo parâmetro orbital é conhecido como “obliquidade da eclíptica”. Trata-se da variação no ângulo de inclinação do eixo de rotação terrestre em relação ao plano da órbita (Figura 5). Atualmente, esse ângulo é de  $23,5^\circ$ , podendo variar de  $21,5^\circ$  a  $24,5^\circ$ , em um ciclo de 40 a 41 mil anos (Aragão, 2009).



**Figura 5. Representação esquemática da obliquidade com relação à eclíptica**

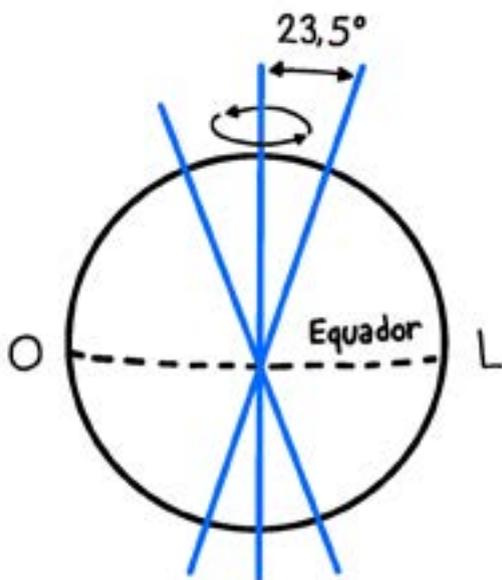
Fonte: Elaborada por Thamirys Verneque Silva dos Reis.

Variações da obliquidade da Terra, conforme Figura 5, afetam os gradientes térmicos latitudinais. Por exemplo, se mudasse a inclinação do eixo terrestre, poderia resultar no aumento de energia solar recebida em algumas latitudes, reduzindo os contrastes equador-polo. Mas, quando a inclinação é pequena, as diferenças sazonais ficam mais acentuadas, com maior transporte de calor do equador para os polos. Também equivale a uma variação natural do recebimento de energia em longo prazo.

Antes de conhecer o terceiro parâmetro, a “precessão dos equinócios”, lembre-se que a interseção da eclíptica com o plano do equador é a linha dos equinócios. A interseção dessa linha com a eclíptica gera dois pontos que correspondem ao equinócio de primavera e ao de outono.

Embora as datas dos solstícios e dos equinócios sejam quase constantes ao longo de uma vida humana, a orientação da inclinação da Terra em

relação aos outros astros varia durante milênios. Isso ocorre devido à força gravitacional do Sol e da Lua sobre a convexidade equatorial da Terra. Como consequência, ela oscila lentamente como se fosse um pião, fazendo com que os círculos polares desenhem um cone com um ângulo de  $23,5^\circ$  no espaço (Figura 6). Esse é o terceiro parâmetro, chamado de precessão e tem uma periodicidade de 19 mil a 23 mil anos.



**Figura 6. Representação esquemática da precessão dos equinócios**

Fonte: Elaborada por Thamirys Verneque Silva dos Reis.

O movimento de precessão da Terra é conhecido, também, como precessão dos equinócios porque, devido a ela, os equinócios se deslocam ao longo da eclíptica no sentido de ir ao encontro do Sol, fazendo com que os dias dos equinócios aconteçam, a cada ano, em momentos um pouco diferentes. O acúmulo dessas variações se reflete nas mudanças nas datas da passagem do Sol pelas constelações.

Assim, a precessão constitui-se, na oscilação da Terra em seu eixo, como um pião cambaleante. Disso decorre que, a cada 19/23 mil anos, aproximadamente, a inclinação do planeta muda, fazendo com que o hemisfério Sul, por exemplo, fique, alternadamente, mais perto e mais longe

do Sol. Atualmente, o inverno nesse hemisfério ocorre no afélio, enquanto seu verão, no periélio. Em cerca de 10.500 anos, a situação estará invertida e em 21 mil anos, o ciclo se completará. Também equivale a uma variação natural do recebimento de energia em longo prazo.

Quando os três ciclos de Milankovitch são superpostos, com as suas diferentes periodicidades e intensidades, são produzidas variações complexas entre o fluxo de radiação solar interceptado em cada latitude e em cada estação do ano, produzindo períodos mais quentes alternados com os mais frios no planeta.

Observa-se, assim, que os parâmetros orbitais descritos estão sempre se modificando: varia não só a distância entre a Terra e o Sol, como também a inclinação em relação ao plano da eclíptica e a orientação no espaço do eixo terrestre. Estes três parâmetros obedecem a ciclos de períodos diferentes e as mudanças descritas fazem com que haja variação na quantidade de energia que chega do Sol, o que causa o resfriamento e o aquecimento natural da Terra.

De acordo com Maruyama (2009), com o progresso tecnológico, foi possível interpretar os registros baseados em amostras de depósitos do assoalho submarino, que mostrou a quase concordância entre as mudanças paleoclimáticas e os prognósticos de mudanças de Milankovitch. Segundo esse mesmo autor, não há dúvidas de que esses ciclos interferem nas mudanças climáticas do sistema Terra-atmosfera. Se associados a outros fenômenos, como os ciclos de manchas solares (Leroux, 2010) e modificações na composição da atmosfera terrestre, desencadeiam glaciações, interglaciações e mudança nos climas. Sendo assim, os climas do planeta Terra sempre estiveram em constante mudança e vão continuar naturalmente.

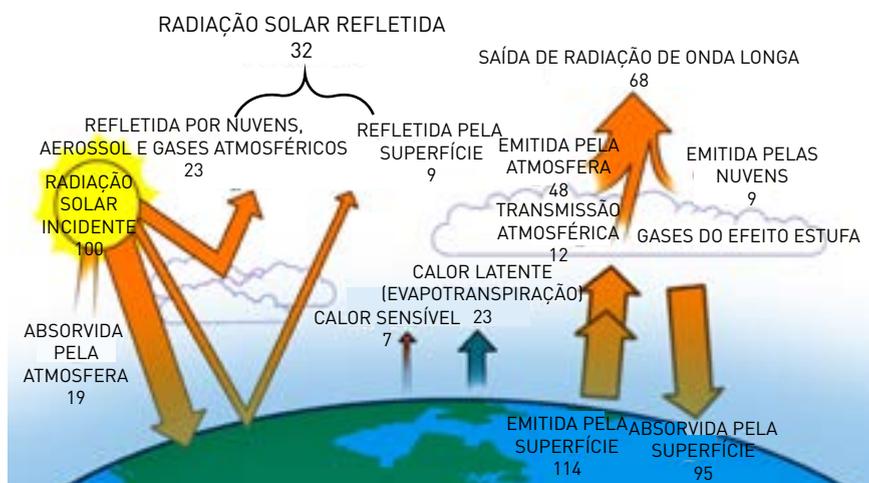
## Efeito estufa

Sistema climático e mudança climática estão associados ao conceito de efeito estufa. É sempre muito importante ressaltar que o efeito estufa, que é o efeito da atmosfera que permite que o calor emitido pela Terra não seja totalmente perdido para o espaço, é um fenômeno **natural** do planeta. É graças a ele que temos a vida na como hoje a conhecemos. Sem esse fenômeno, a variação diária da temperatura da Terra seria enorme, impossibilitando a vida dos organismos. O efeito estufa faz parte do balanço de energia do planeta. A Figura 7, publicada no artigo de Carlesso *et al.* (2019), apresenta o diagrama esquemático do balanço energético global médio da Terra. Do lado esquer-

do (setas amarelas) tem-se o que acontece com a radiação de ondas curtas, emitidas pelo Sol, quando atingem o topo da atmosfera, a atravessam e interagem com a superfície terrestre. Do lado direito, tem-se a emissão de ondas longas pelo planeta (radiação terrestre) e sua interação com a atmosfera.

Vamos ver como isso acontece: A atmosfera é uma camada de gases que envolve a Terra. Todos os gases que a compõem possuem capacidade de absorver a radiação terrestre (calor emitido pela Terra), uns em maior e outros em menor grau. Portanto, os gases da atmosfera são os gases de efeito estufa. Eles sempre existiram na atmosfera, como por exemplo, o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e o vapor d'água, dentre outros.

A radiação terrestre, ao interagir com esses gases, sofre dois processos: ultrapassa-os, ou, volta para a superfície. Esse processo aquece o ar em volta do planeta, fazendo com que a temperatura média seja de aproximadamente 15°C, sem grandes e significativas oscilações.



**Figura 7. Diagrama esquemático do balanço energético da Terra**

Fonte: Carlesso *et al.* (2019).

## Efeito estufa antropogênico e o aquecimento global

Nos últimos anos, no entanto, um fenômeno bastante singular tem sido registrado. A concentração dos gases de efeito estufa (também denominados GEE) tem aumentado consideravelmente, atingindo níveis nunca antes registrados. Esse aumento se deu, principalmente, após a revolução industrial,

quando as atividades humanas passaram a produzir alta quantidade de gases como o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), o metano ( $\text{CH}_4$ ) e o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ).

O trabalho de Meinshausen *et al.* (2017), apresenta a simulação da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, principalmente o  $\text{CO}_2$ , o  $\text{CH}_4$  e o  $\text{N}_2\text{O}$  nos últimos 2 mil anos. Nesse trabalho, verificamos que, após 1850, os níveis desses gases atingiram níveis sem precedentes na história. Diversos estudos comprovam que a principal fonte desses gases, após 1850, foi a ação humana de diferentes setores: indústria, agricultura, transporte, construção civil, mudança do uso e ocupação da terra, desmatamento, entre outros.

O aumento desordenado da concentração dos GEE resultou em uma modificação da composição da atmosfera e, portanto, o balanço de energia da Terra, também foi alterado. O fato de haver maior concentração de GEE, de origem antropogênica faz com que uma maior quantidade de radiação de onda longa emitida pela Terra (radiação terrestre) fique aprisionada na atmosfera, aquecendo mais ainda o ar em torno do planeta. A esse processo, deu-se o nome de **Efeito estufa antropogênico**. E, ao aquecimento adicional do sistema, aquecimento global (de origem antrópica).

A Terra, portanto, passou a ficar mais quente, ou seja, a temperatura do ar média na superfície aumentou. Na atualidade, segundo o Relatório *Special Report 1.5°C*,<sup>6</sup> do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), o planeta ultrapassará, ao final dessa década, a marca de 1.5°C de temperatura acima dos níveis pré-industriais.

É interessante a consulta ao sexto relatório (AR6) do IPCC. AS figuras do documento apresentam o aumento da temperatura média da Terra observada entre os anos de 2010 e 2019, em relação à média de 1850 a 1900. Verifica-se que já ultrapassamos a marca de 1°C. Adicionalmente, esses resultados trazem uma reflexão importante: será que essas mudanças são mesmo de origem antrópica ou existem causas de origem naturais que podem estar aquecendo a atmosfera? As maiores contribuições de aquecimento estão relacionadas às atividades humanas que emitem altas quantidade de gás carbônico e aerossóis. Não deixando dúvidas, portanto, que, esse atual aquecimento no planeta, causado desde a Revolução Industrial, tem, prioritariamente, origem antrópica.

Os climas da Terra fazem parte de uma máquina térmica, que tende ao equilíbrio, sempre. Assim, a mudança de uma variável meteorológica, como a temperatura, altera, também, as demais variáveis como pre-

---

6. Todos os relatórios de avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, bem como a explicação do IPCC, estão descritos no Capítulo 3.

cipitação, vento, etc., em busca do equilíbrio. Quando se aquece muito um lugar, são necessárias mudanças para que ele volte ao equilíbrio. Tem-se aí a mudança climática de origem antrópica.

## **Clima e sociedade**

O fato de a sociedade ter atrelado seu desenvolvimento econômico às altas emissões de GEE, resultou nesse processo. É nesse ponto, que fica difícil separar o clima do contexto social, tecnológico, político e econômico. No contexto atual, a mudança climática é um problema tanto do sistema físico da atmosfera, quanto social (Hulme, 2011). Como visto na História da humanidade, os climas interferem no desenvolvimento da sociedade e, agora, verifica-se que, este também interfere nos climas. É preciso, portanto, atrelar ambos.

Artaxo (2014) traz uma análise interessante sobre essa relação, em seu artigo intitulado “Uma nova era geológica em nosso planeta: o Antropoceno?”. O autor coloca o

Antropoceno como uma época em que os efeitos da humanidade estariam afetando globalmente nosso planeta. O prêmio Nobel de Química (1995) Paul Crutzen auxiliou na popularização do termo nos anos 2000, por meio de uma série de publicações discutindo o que seria essa nova era geológica da Terra (Crutzen, 2002) na qual a influência humana se mostra presente em algumas áreas, em parceria com as influências geológicas. A humanidade emerge como uma força significativa globalmente, capaz de interferir em processos críticos de nosso planeta, como a composição da atmosfera e outras propriedades (Artaxo, 2014, p. 15).

Nesse contexto, os cenários futuros de mudanças climáticas<sup>7</sup> têm uma relação direta com as atividades humanas. Ou seja, o futuro depende da sociedade.

Os cenários futuros, extraídos das informações do Sexto Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (denominado AR6), apresenta os possíveis cenários de emissões de gases de efeito estufa e o aquecimento global a eles relacionados. Se a sociedade continuar emitindo altas quantidades de GEE, seguiremos os piores cenários (denominados SSP 8.5 e SSP 7.0), o que resultaria em um aquecimento global que poderia ultrapassar 4°C. Consequências catastróficas estariam relacionadas a isso. Aparecimento de novas doenças, desaparecimento de muitas espécies animais e vegetais, eventos ex-

---

7. Assunto discutido no Capítulo 3 do livro.

tremos intensos e frequentes, diminuição da produção agrícola, entre outros. As sociedades mais vulneráveis, nesse caso, seriam as mais atingidas, pois não teriam capacidade adaptativa para essas mudanças.

Seguindo os cenários de baixas emissões de gases de efeito estufa, o que necessitaria de uma mudança profunda na sociedade e política atuais, poderíamos limitar o aquecimento a 1.5°C, resultando em menos catástrofes quando comparado aos outros cenários.

Nesse contexto, portanto, ações em relação ao futuro do clima estão intrinsicamente ligadas às escolhas atuais.

Como podemos ter certeza do aquecimento da atmosfera da Terra, se recorrentemente são divulgadas notícias sobre regiões onde há recorde de temperaturas do ar mais baixas? A resposta é simples: o aquecimento global que estamos nos referindo retrata os valores médios de temperatura registrada, considerando todo o globo. No entanto, o que os seres humanos tem percebido é uma mudança na frequência e intensidade de eventos extremos, por exemplo, ondas de calor ou ondas de frio, tempestades/inundações e eventos de secas severas. O mais importante é sabermos que devemos nos preocupar com isso, pois estes trazem consigo um grande potencial de ocorrência de desastres naturais que, por sua vez, produzem danos e perdas, tanto econômicas quanto humanas.

## Referências

ARAGÃO, Maria J. **História do clima**. Rio de Janeiro: Interciência, 2009.

ARTAXO, Paulo. Uma nova era geológica para o nosso planeta: o Antropoceno? **Revista USP**, São Paulo, n. 103, 2014. Disponível em: <https://bit.ly/3XOKJq2>. Acesso em: 20 nov. 2023.

CARLESSO, Franciele *et al.* Conceitos básicos de radiômetros de substituição elétrica para medidas da Irradiância Solar Total. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 2, p. e20180220, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0220>. Disponível em: <https://bit.ly/47xWx3a>. Acesso em: fev. 2022.

CEPAGRI. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. Disponível em: <https://bit.ly/4dgTgpY>. Acesso em: 20 nov. 2023.

CRUTZEN, Paul J. Geology of Mankind. **Nature**, n. 415, p. 23, 2002.

GOES. Geostationary Satellite Server. Disponível em: <https://bit.ly/4ewhrtv>. Acesso em: 20 nov. 2023.

HEYMANN, Matthias. The evolution of climate ideas and knowledge. **Wiley Interdiscip Rev Clim Change**, n. 1, p. 581-597, 2010.

HULME, Mike. Meet the humanities. **Nature Clim Change** 1, p. 177-179, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1038/nclimate1150>.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <https://bit.ly/3ZCFrPP>. Acesso em: 20 nov. 2023.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **AR5 - Synthesis Report: Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Geneva: IPCC, 2014. Disponível em: <https://bit.ly/4gr6K5z>. Acesso em: fev. 2022.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **AR6 - Press Release: Climate change widespread, rapid, and intensifying**. Geneva: IPCC, 2021.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels IPCC**, 2018.

KÖPPEN, Wladimir. Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. **Meteorologische Zeitschrift**, n. 18, p. 106-120, 1901.

LEROUX, Marcel. **Global warming: myth or reality? The erring ways of climatology**. Chichester: Praxis, 2010.

MARUYAMA, Shigenori. **Aquecimento global?** Tradução de Kenitiro Suguio. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MEINSHAUSEN, Malte *et al.* Historical greenhouse gas concentrations for climate modelling (CMIP6). **Geosci. Model Dev.**, v. 10, p. 2057-2116, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5194/gmd-10-2057-2017>.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

MONTEIRO, Carlos Augusto F. **Clima e Excepcionalismo: Conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico**. Florianópolis, UFSC, 1991.

SAMPAIO, Gilvan; DIAS, Pedro L. da S. Evolução dos Modelos Climáticos e de Previsão de Tempo e Clima. **Revista USP**, n. 103, p. 41-54, 2014. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i103p41-54>.

SILVA, Emerson M. O clima na cidade de Uberlândia - MG. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia/ Edufu, ano 16, n. 30, p. 91-107, 2004.

SORRE, Max. **Les fondements de la géographie humaine**: les fondements biologiques. 3. ed. Paris: Librairie Armand Colin, 1957.

SORRE, Max. Objeto e método da climatologia. *In*: PIÉRY, Marius. **Traité de Climatologie Biologique et Médicale**. Tradução de José Bueno Conti. Paris: M. Piery Masson et Cie Éditeurs, 1934, v. 1, p. 1-9.

SUGUIO, Kenitiro. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**: (passado + presente = futuro?). São Paulo: Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 1999.

WMO. World Meteorological Organization. Disponível em: <https://bit.ly/4gAGvK6>. Acesso em: fev. 2022.



## CAPÍTULO 3

# PALEOCLIMAS: ANALISANDO O PASSADO PARA PENSAR SOBRE O FUTURO

*Carolina Zabini*

*Ana Beatriz Furtado Carvalho*

Ao longo da história geológica da Terra, houve momentos mais frios e mais quentes. Isso porque o clima é sujeito a contínuas variações. Neste capítulo, você vai conhecer sobre os paleoclimas e como os cientistas conseguem obter evidências dos climas do passado do nosso planeta.

### **Introdução**

A Terra é um corpo rochoso bastante peculiar. É imprescindível compreender a sua dinâmica para refletir sobre sua história de 4,5 bilhões de anos.

Tamanho, composição, formação, idade, e claro, a história da Terra revelam alguns de seus aspectos mais interessantes. Seu tamanho (6.371 km de raio e  $1,07 \cdot 10^{12}$  km<sup>3</sup> de volume) provoca a perda de hélio e hidrogênio da atmosfera, pois a gravidade não permite manter estes gases leves. Sua composição rochosa e em camadas, facilita a presença de elementos químicos mais densos tanto em sua forma líquida (núcleo externo) quanto na sólida (núcleo interno). A energia interna que movimenta as camadas mais plásticas, e tem como uma das consequências a tectônica de placas, é proveniente tanto do decaimento radioativo de alguns seus elementos químicos, quanto da energia gerada pelos impactos dos corpos rochosos menores que se uniram há 4,5 bilhões de anos. O movimento de seu núcleo exterior gera um dínamo e age como um escudo protetor. Sem ele, os raios cósmicos advindos do espaço teriam lentamente ejetado as partículas que compõem nossa atmosfera. Além disso, a posição da Terra em sua órbita em torno do Sol, as variações da energia de nossa estrela e a variação da distância Terra-Sol, têm também, grandes impactos no clima.

A Terra é um planeta dinâmico e em transformação. No início de sua existência, tinha imensa energia. Após esfriar, foi capaz de conter água na forma líquida e abrigar as primeiras formas de vida. Para entendermos melhor sobre o dinamismo terrestre, é preciso pensar como

suas partes interagem, e assim perceber a complexidade do “todo”. Para isso, a ideia de sua divisão em esferas é o ponto de partida.

A atmosfera é uma das esferas terrestres, será importante neste capítulo pois iremos falar de climas do passado. A atmosfera está em contato e se relaciona com as outras esferas que compõem o nosso planeta: a hidrosfera, a criosfera, a litosfera, e a biosfera. A água líquida e a congelada, as rochas, os componentes químicos das camadas mais profundas da Terra e a vida compõem as demais esferas, e as alteram, ao longo do tempo geológico. A história delas e sua modificação é contada também pelas alterações que cada uma delas exerce sobre a outra. Com essa informação em mente, é fácil pensar que as modificações que hoje realizamos (somos seres vivos!) em nosso meio ambiente (as demais esferas) continuam a mudar o planeta como um todo; a diferença hoje, é o tempo envolvido nas transformações: os estudos indicam taxas muito rápidas, o que nos deixa em alerta.

## **Clima e paleoclima – o que são?**

Clima e tempo (aqui “tempo” se referindo a questões atmosféricas e não de passagem ou direcionalidade de eventos) são termos muitas vezes usados como sinônimos em nosso dia a dia. No entanto, na Climatologia, **tempo** refere-se a condições atmosféricas de curto prazo, como dias e semanas, geralmente de um futuro próximo. Um exemplo é a “previsão do tempo” que temos na internet e em jornais de televisão. Já o **clima** é definido com base em padrões que consideram longos intervalos de tempo, como décadas e séculos, baseados em dados do passado próximo.

**Paleoclimas** são os **climas** do passado. É a Paleoclimatologia a ciência que estuda os paleoclimas; por serem bastante antigos, são estudados por meio de indicadores, e não de forma direta. A composição atmosférica atual pode ser medida de forma direta, por meio de instrumentos que conseguem perceber a presença dos elementos químicos no meio. Já as atmosferas e os climas do passado são estudados por meio de indicadores. Vamos detalhar algumas possibilidades de estudos de paleoclimas a seguir.

***Como estudar paleoclimas? Como é possível sabermos sobre o clima no passado se hoje em dia é complicado sabermos sobre o tempo de amanhã? (Aliás, será que vai chover?)***

Quando falamos em registros antigos, como aqueles preservados em fósseis e rochas, temos que nos lembrar que estes representam eventos únicos, em geral de grande magnitude, e por isso são capazes de nos trazer informações pontuais sobre o nosso planeta, de um passado distante. Restos dos organismos podem nos dizer sobre condições ambientais se associados às rochas. Desertos e os organismos que o habitam podem ser fossilizados, deixando informações sobre esse ambiente mais seco, com dunas, e às vezes, até com oásis. Este é o caso do registro fóssil encontrado em Cruzeiro do Oeste, no Noroeste do estado do Paraná, onde um lago do período Cretáceo (cerca de 120 milhões de anos atrás) preservou muitos restos de vertebrados como pterossauros e dinossauros.

Ainda, se formos para as maravilhosas cachoeiras na região de Barra do Garças, no estado do Mato Grosso, é possível encontrarmos, naqueles paredões de rocha por onde a água escorre, registros de um tempo longínquo (de cerca de 490 milhões de anos, do período Ordoviciano), em que rios e geleiras compunham a paisagem, e organismos marinhos formavam suas carapaças, algumas delas preservadas até hoje.

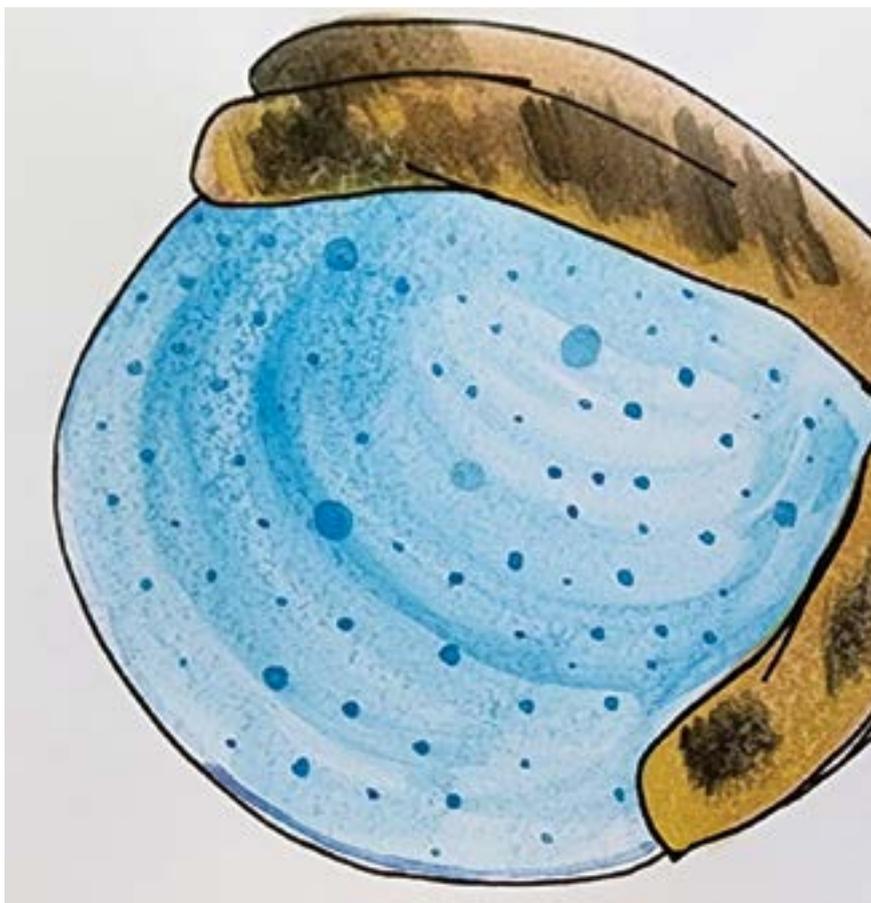
Se observarmos os registros minúsculos que podem estar presentes nas rochas, aqueles que só conseguiremos ver se dissolvermos as matrizes minerais (às vezes em ácido) e colocarmos ao microscópio o material orgânico que restou... aí poderemos contar com um micromundo diverso de pólenes, esporos e outras estruturas orgânicas (e inorgânicas que também podem se preservar). Esses microfósseis são muito úteis para identificar condições paleoclimáticas, pois são bastante abundantes – apenas alguns gramas de rocha podem conter centenas de milhares de exemplares. E aí, um especialista consegue identificar quem foram os geradores daquelas estruturas e compreender se o ambiente possuía mais gramíneas (como um pasto) ou uma mata (como a Amazônia), por exemplo, dando indícios das condições ambientais locais, com maior ou menor temperatura e umidade.

Assim, percebemos que as rochas e os fósseis nelas preservados nos trazem informações sobre o passado do planeta. Isótopos de elementos químicos presentes em rochas e fósseis também podem ser utilizados como indicadores de condições específicas como a maior quantidade de gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) na atmosfera (que indica maiores temperaturas, por conta do efeito estufa que este gás causa) e variações na temperatura e salinidade de mares e oceanos do passado, por exemplo.

A seguir, veremos com mais detalhes as informações que cada tipo de análise pode nos trazer.

## *Gelo dos glaciares*

O estudo do gelo preservado nas atuais calotas polares pode nos trazer informações sobre a composição atmosférica de um passado não muito distante. As bolhas de gás contidas neste gelo são analisadas e revelam a composição química da atmosfera do tempo em que a bolha foi gerada (Figura 1).



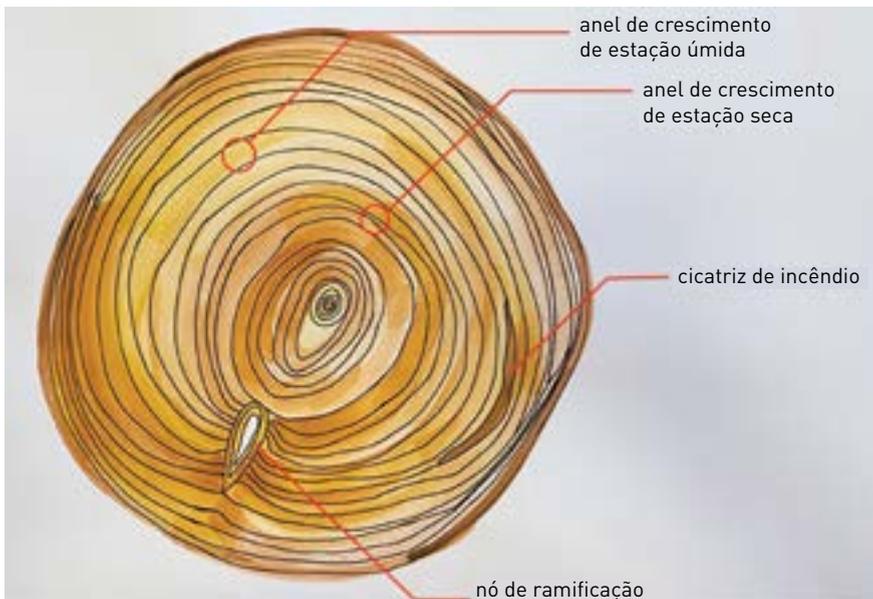
**Figura 1. Ilustração representando um disco de gelo vindo de um testemunho (um tubo cilíndrico que corta as camadas do gelo). As bolas azuis de diversos tamanhos representam bolhas de ar que preservam os gases da atmosfera em que este gelo se formou**

Ilustração: Carolina Zabini.

Este tipo de estudo é restrito a intervalos de tempo mais recentes, como o Holoceno, período atual em que vivemos, e que se iniciou há 12 mil anos. Isso porque glaciares mais antigos não estão mais preservados: já se derreteram e se congelaram várias vezes, fazendo com que não tenhamos mais acesso direto a estas informações. As geleiras atuais foram formadas no último evento de glaciação que o planeta passou, cerca de 11 mil anos atrás.

### *Dendrocronologia e o clima nos anéis das árvores*

Algumas espécies de árvores marcam em seu tronco as variações do ambiente ao seu redor (Figura 2). Analisando os seus anéis, com o uso de uma ciência denominada Dendrocronologia, é possível analisar variações de temperatura e umidade da época em que a árvore estava viva. Estudos dendrocronológicos, assim como os das bolhas de gás dos glaciares, se restringem ao Holoceno, afinal, a maioria das árvores vive cerca de alguns séculos e poucas atingem a marca de alguns milhares de anos.



**Figura 2. Ilustração de um corte de tronco, destacando as estruturas que ficam marcadas com o crescimento do vegetal. Estações de maior crescimento em geral são mais úmidas, e as de menor, mais secas. Marcas de queimadas e de ramificações podem ser preservadas com morfologias de fácil reconhecimento**

Ilustração: Carolina Zabini.

## ***Rochas sedimentares***

As rochas sedimentares são vestígios de ambientes do passado. Suas texturas e estruturas são capazes de revelar, ao olho treinado, em quais condições ambientais foram formadas. Diferentes ambientes sedimentares formam diferentes tipos de sedimentos, e os agentes que os transportam podem ser: gelo, água líquida, variações de temperatura, vento. Cada um desses agentes deixa uma característica na rocha. Por exemplo: o vento em desertos seleciona muito bem os grãos de areia. Rochas formadas por areia do deserto (arenitos) tem sua matriz e arcabouço com sedimentos dos tamanhos areia bem selecionados. E mais, se olharmos os grãos de areia de desertos bem de perto, veremos que não são lisos e polidos, mas sim foscos e com uma rugosidade em sua superfície. Essas características se formam no grão devido ao choque constante de uma partícula na outra e em diversas superfícies, pela ação do vento que as carrega de forma a saltitar no chão.

Existem, também, rochas conhecidas como ritmitos, que apresentam alternância de dois tipos diferentes de rocha, que variam de forma regular e sucessiva, a depender das condições climáticas. Este é o caso de rochas como o varvito, que é composto por uma camada inferior mais clara e uma camada superior mais escura, rica em matéria orgânica, que se alternam de forma repetitiva (Figura 3). Segundo o entendimento clássico desta rocha, as camadas claras são depositadas no verão e as mais escuras, no inverno de um mesmo ano; o estudo da sucessão de camadas nos permite compreender o regime de deposição de sedimentos ao longo do tempo e, assim, podemos fazer inferências a respeito do ambiente e do clima.



**Figura 3. Ilustração dos paredões que formam o Parque do Varvito em Itu (SP).  
As rochas têm uma estruturação muito nítida e formam belas paisagens**

Ilustração: Carolina Zabini.

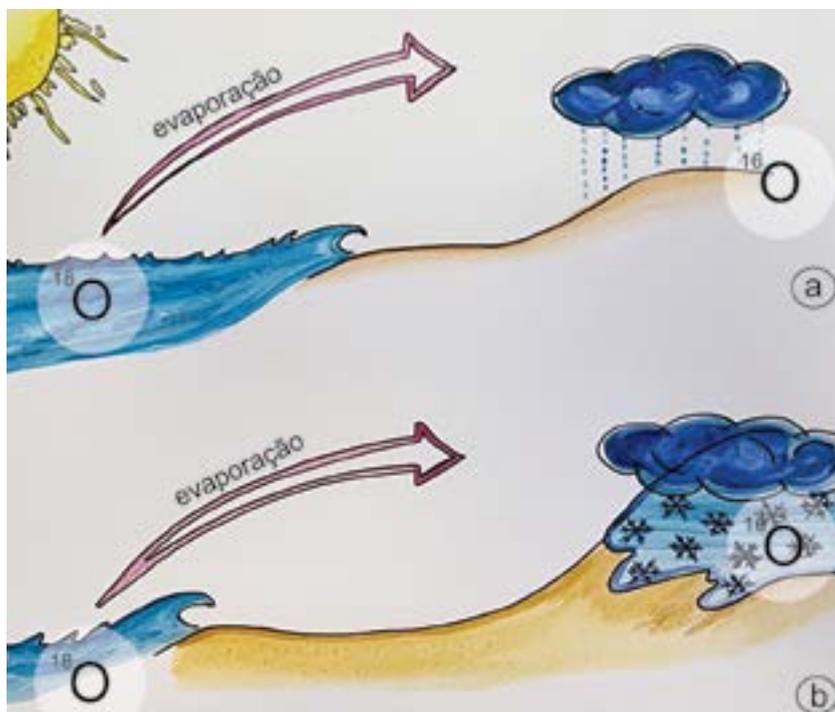
### ***Estudo de isótopos***

Isótopos são átomos de um mesmo elemento químico que diferem entre si por possuir diferentes números de nêutrons, embora tenham a mesma quantidade de prótons. Hidrogênio (H), carbono (C) e oxigênio (O) são os principais isótopos estáveis empregados na pesquisa climática.

Tomemos o elemento oxigênio, que existe na forma de três isótopos estáveis: oxigênio 16 (o mais comum), oxigênio 17 e oxigênio 18. O 16 é o que tem menor número de nêutrons e é, portanto, a forma mais leve, evaporando mais facilmente, enquanto o 18 é o isótopo mais pesado e evapora em menor proporção. E como isso poderia nos ajudar a compreender o clima? Vejamos um exemplo.

Num contexto climático ameno, a água do oceano evapora constantemente, perdendo mais oxigênio 16 do que oxigênio 18. No entanto, o sistema permanece balanceado, pois o oxigênio 16 retorna ao mar por meio da chuva. Porém, num contexto glacial, a água que evapora não retorna ao mar na mesma proporção – ela precipita em forma de neve e passa a compor grandes geleiras. Nesse cenário, as geleiras expandem e são ricas em oxigênio 16, enquanto o mar é rico em oxigênio 18 – o sistema não está balanceado como antes (Figura 4). E como podemos avaliar a proporção entre os isótopos?

Muitos organismos secretam carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), uma substância que possui três átomos de oxigênio em sua composição, para compor suas carapaças e conchas. Em períodos de menor temperatura, estes indivíduos tendem a incorporar mais oxigênio 18, a forma mais pesada do elemento, em suas carapaças. Uma vez que os cientistas tenham determinado o padrão da variação na proporção de isótopos presentes nas estruturas corporais destes seres, de acordo com a temperatura, torna-se possível utilizar os fósseis desses organismos de forma semelhante a paleotermômetros. A comparação da composição das conchas e carapaças permite distinguir entre épocas mais frias e mais quentes, e mesmo entre intervalos cíclicos de inverno e verão. Assim, é possível compreender a temperatura de antigos ambientes, o volume de geleiras na Terra, e mesmo a salinidade de mares do passado.



**Figura 4. Representação do ciclo dos isótopos de oxigênio. Num sistema em equilíbrio (a), a evaporação da água do mar não é suficiente para causar desequilíbrio, pois a precipitação do isótopo mais leve causa seu retorno constante ao mar. Já em (b), há retenção do isótopo mais leve na forma de gelo nas montanhas, causando desequilíbrio no isótopo disponível no mar**

Ilustração: Carolina Zabini.

## ***Fósseis***

Os fósseis são os registros mais evidentes de vida existente no passado – vida essa que pode assumir várias formas: bactérias, plantas, animais e fungos, para citar alguns dos grupos mais bem representados no registro fóssil. A partir do conhecimento atual acerca dos diferentes grupos de seres vivos, podemos fazer inferências sobre as condições em que os organismos do passado viviam e, assim, entender o clima regional. Por exemplo: se encontramos um fóssil de palmeira (uma folha ou grãos de pólen), percebemos que o clima era tropical ou subtropical, mas não glacial. Se encontramos fósseis de organismos marinhos como braquiópodes, equinodermos e trilobitas, também podemos concluir que havia, no passado, um mar que abrigava estes animais.

### **Momentos cruciais: o mais antigo evento**

Não podemos dizer que os humanos são os únicos agentes promotores de alterações na atmosfera. Diversos foram os momentos em que a vida e as demais esferas terrestres interagiram, causando grandes alterações ambientais. Momentos de crise pontuam a história de nosso planeta. Um dos mais importantes, com reflexos para a vida atual, é tão antigo quanto as primeiras formas de vida, recuperado através do estudo de rochas e dos fósseis nelas contidos.

As rochas de origem sedimentar mais antigas e que ainda estão preservadas datam de 3,5 bilhões de anos e são encontradas na Austrália e na África do Sul. Tais rochas apontam para um grande evento: o surgimento da fotossíntese. Bactérias podem utilizar-se da fotossíntese para produzir energia, capturando gás carbônico e liberando oxigênio. Neste tempo tão remoto, as principais formas de vida viviam em um mundo sem oxigênio e apresentavam um metabolismo anaeróbico. Com o advento da fotossíntese, tudo mudou: algumas centenas de milhares de anos se passaram e o oxigênio foi produzido tão extensamente que começou a se acumular. Primeiro, nas lâminas de água mais superficiais, e depois, na atmosfera. Com esse oxigênio disponível, as formas de vida anaeróbicas tiveram que migrar para locais em que ele continua a ser escasso. Muitas formas de vida foram extintas neste processo de mudança.

É interessante pensar que um incremento de 2 ou 3% de oxigênio na atmosfera foi capaz de tamanho impacto na vida daquela época. O acúmulo de oxigênio continuou a ocorrer e chegou nos atuais 20%, por volta de 590 milhões de anos atrás.

Outro aspecto notável é que um metabolismo aeróbico é mais produtivo que um anaeróbico e por isso, o aumento dos níveis de oxigênio na atmosfera favoreceu o surgimento dos eucariontes (forma de vida que obtém energia com o uso dele).

Um “pequeno” passo evolutivo (a fotossíntese) e uma “grande” alteração subsequente (acúmulo de oxigênio), teve influência não só no ambiente, mas também nas formas de vida que vieram depois (inclusive em mim e em você, leitor, que respira o oxigênio fruto dessas bactérias ancestrais) (Figura 5).



**Figura 5. Ilustração representando o planeta em seus primórdios (mais à esquerda da imagem), com queda de meteoritos e vulcanismos intensos, para um planeta mais semelhante ao atual, com estruturas dômicas (domos, na parte inferior direita da imagem) sendo formadas por bactérias fotossintetizantes que possibilitaram a oxigenação da atmosfera**

Ilustração: Carolina Zabini.

## **Momentos cruciais: as florestas e os gigantes**

Outro momento em que houve uma mudança ambiental significativa a nível global, com impacto nas formas de vida e até no registro fóssil posterior, ocorreu no Período Carbonífero (entre 358 e 298 milhões de anos).

O intervalo de tempo “Carbonífero” leva este nome porque são dessas rochas que se retiram, hoje, carvão mineral, em especial, nas grandes jazi-

das encontradas nos Estados Unidos da América. Este carvão mineral foi formado por restos de vegetais como samambaias e licófitas gigantes que habitavam o planeta há 320 milhões de anos, momento mais quente e um pouco anterior à formação do Pangeia (o último supercontinente).

Neste tempo, as plantas com flores (angiospermas) que conhecemos hoje ainda não existiam e as samambaias e outros grupos de plantas dominavam o reino vegetal, conseguindo, pela primeira vez, produzir lenho (crescimento secundário e uma casca externa). Os fungos levaram um certo tempo para conseguirem “digeri-lo” (pesquisadores falam em cerca de 50 milhões de anos). Essa vida vegetal, num pulso de diversidade e abundância, modificou os ciclos de alguns dos elementos químicos, como oxigênio (O) e carbono (C). Num desbalanço entre fotossíntese e decomposição (e ciclagem de carbono e produção de oxigênio), a grande concentração de C soterrado dessas “florestas de samambaias” contribuiu para que muito O ficasse disponível na atmosfera, compondo cerca de 35% dela. Isso permitiu que insetos atingissem tamanhos corpóreos elevados, com libélulas de 75 centímetros de envergadura (ponta a ponta de suas asas) e milípedes, hoje centimétricos, com 2,6 metros de comprimento, como a arthropleura (Figura 6). Estudos atuais apontam que a elevada disponibilidade de oxigênio pôde permitir maior crescimento de insetos, e por isso, é possível que a alta concentração de O<sub>2</sub> na atmosfera deste tempo tenha possibilitado o surgimento de grandes insetos.



**Figura 6. Arthropleura e uma paisagem carbonífera, com florestas de licófitas e samambaias gigantes**

Ilustração: Carolina Zabini.

É com base nessas duas histórias: o mais antigo evento e as florestas e os gigantes, entre tantas outras, que geólogos e paleontólogos conseguem analisar o passado, compreender as mudanças que ocorreram tanto no planeta quanto na vida que existia nele, além de refletir sobre o que pode acontecer em nosso futuro!

### **Grandes ciclos: Terra estufa e Terra refrigerador**

Já foi possível perceber que a história da Terra é bastante complexa, envolvendo eventos direcionais, ou seja, que após ocorrerem, são sucedidos por outros; também é formada por eventos cíclicos, em que o balanço de elementos pode trazer à tona condições semelhantes, de tempos em tempos.

Em relação ao clima, muito do que conseguimos observar do passado é cíclico: momentos mais frios (Terra refrigerador) e momentos mais quentes (Terra estufa). Essas variações mais drásticas de temperatura envolvem uma combinação de circunstâncias. Algumas delas são extrínsecas: a distância da

Terra em relação do Sol; o ângulo da Terra em relação aos raios solares e a atividade solar. Outras, por sua vez, são intrínsecas: a configuração e a posição dos continentes, que pode influenciar o quanto da luz que é recebida do Sol vai ser refletida pelos continentes (aumentando as temperaturas por conta do efeito estufa) ou “absorvida” pelos oceanos, resultando em temperaturas mais amenas a níveis globais; os balanços entre os elementos como o carbono e oxigênio, que influenciam muito a temperatura do planeta por serem gases que causam o efeito estufa quando disponíveis na forma de gás carbônico (CO<sub>2</sub>); a área coberta por gelo nas extremidades do planeta, por exemplo. Você deve ter percebido que todas as questões citadas não são imediatas ou definidas em curto intervalo de tempo, mas que têm impacto ao longo do tempo geológico, ou seja, em dezenas a centenas de milhares de anos. Além disso, não temos como obter tais informações sobre o clima do passado de forma direta, mas sim observando registros indiretos, como já apontado previamente neste capítulo (uso de rochas, fósseis, isótopos, entre outros indicadores).

É também muito interessante percebermos que o ciclo estufa-refrigerador está muito relacionado a momentos cruciais da vida. Grandes extinções em massa e explosões de diversidade de grupos pontuam essa história.

### **Por que estudar climas do passado?**

Os noticiários e diversos meios de comunicação vêm discutindo cada vez mais um tema que não nos preocupava muito há algumas décadas: o clima. Muito se fala sobre “mudanças climáticas” e “acordos do clima”, ativistas climáticos em todo o mundo alertam sobre a urgência do problema.

Diante disso, algumas questões se sobressaem: o clima está mudando mesmo? Qual é o parâmetro que possibilita essa comparação? Essas são questões que podem ser respondidas através de estudos climáticos e paleoclimáticos, que são ainda mais interessantes para formar um panorama amplo e aprofundado da questão, pois nos permitem ter uma ideia de como o sistema funciona em uma grande escala temporal e espacial.

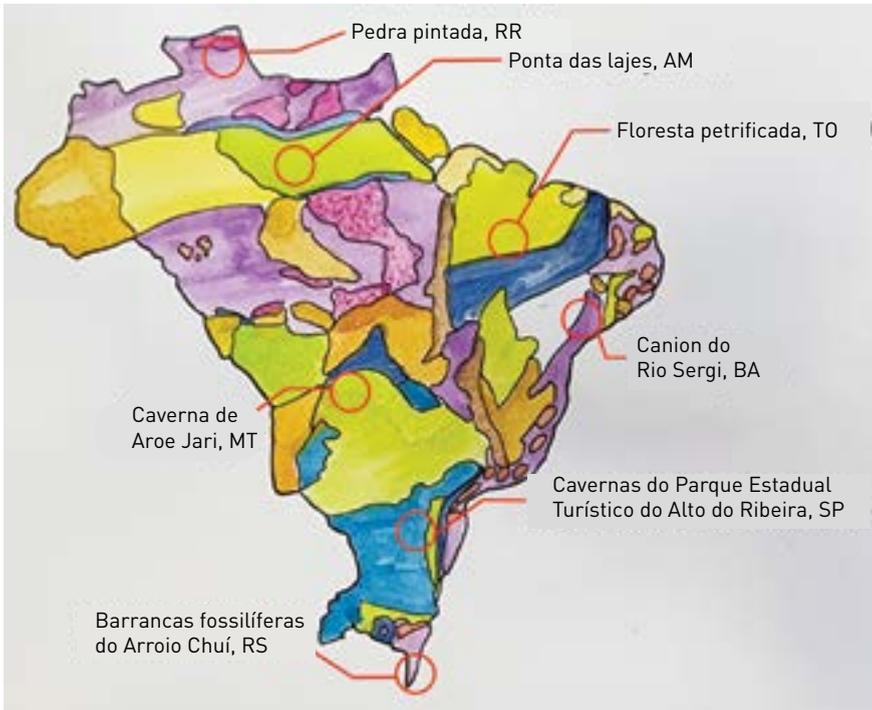
Ao estudar os climas do passado e a dinâmica terrestre referente aos seus ciclos e mudanças, podemos entender qual é o verdadeiro impacto humano e o que podemos fazer a respeito do problema. Sabe-se que as mudanças climáticas e mesmo eventos extremos relacionados a elas, como enchentes, furacões e secas prolongadas são acontecimentos que marcam toda a história da Terra e são inerentes a ela. Entretanto, a velocidade com

a qual temos notado alterações em nossos principais parâmetros climáticos sugere uma forte causa externa, jamais vista antes – a ação humana.

Para propor medidas e ações efetivas nesse cenário, faz-se necessária uma compreensão abrangente do comportamento, limites e agentes do sistema climático, bem como quais alterações podemos ou não esperar, tendo em conta os diferentes registros deixados ao longo do tempo geológico. Assim, este capítulo integra também um esforço de apresentar alguns aspectos interessantes a respeito dos paleoclimas e de como podemos estudá-los. Esperamos que a leitura tenha sido não apenas instigante, mas formativa em sua compreensão de como o clima funciona e como diferentes aspectos podem afetar os seres vivos em nosso planeta.

### **Evidências de mudanças do clima no passado que podem ser encontradas no Brasil**

Basta olharmos onde as rochas sedimentares podem ser encontradas em nosso território que veremos o registro de mudanças do clima passado (Figura 7). Interessante notar que muitos dos locais em que essas rochas afloram são hoje parques, seja pela beleza cenográfica que tais rochas proporcionam, seja por sua importância nos estudos mundiais sobre a história do nosso planeta! Poderíamos aqui criar listas de tais locais e você, leitor, acessar as que mais te interessam, de acordo com o local em que vive. Mas, essas listas já estão prontas e acessíveis. O Sítio de Informações Geológicas e Paleontológicas (Sigep) traz informações muito relevantes sobre cada um dos pontos de interesse, distribuídos em todo o território nacional. Para acessar o site, entre em: <https://bit.ly/4dkjUyd>.



**Figura 7. Ilustração destacando a variação nos tipos de rochas que existem no território brasileiro (de diferentes idades e origens). Em vermelho, algumas localidades de interesse geológico, em diversos estados, pontos estes descritos em artigos publicados no site do Sigep**

Ilustração: Carolina Zabini.

## Glossário

*Bactéria* – Forma de vida mais antiga de que se tem conhecimento, os registros de suas atividades datam de 3,5 G.a. Trata-se de um grupo de organismos formados por uma única célula, com organização simples. Entretanto, foram muito bem sucedidos no planeta: até hoje vivem nos mais diferentes ambientes e são altamente diversos.

*Ciclos estufa e refrigerador* – Etapas inerentes à dinâmica da Terra, nas quais diversos fatores internos e externos podem levar ao aumento ou à diminuição da temperatura global. Os momentos de estufa são marcados pelo aumento da temperatura média e podem estar relacionados à configuração dos continentes e às correntes oceânicas. Os momentos de refrigerador são marcados pela queda da temperatura média e podem estar ligados a eventos de vulcanismo, por exemplo. As fases se alternam ao longo do tempo.

*Eucarionte* – Classificação de organismos que, diferentemente das bactérias, possuem arranjo celular mais complexo. Possuem uma organela especial em suas células, chamada mitocôndria, que permite maior produção de energia em relação às bactérias, bem como um núcleo celular que armazena o material genético.

*Evolução* – Processo ao qual as populações de todos os seres vivos estão sujeitas, que resulta na alteração das características genéticas da população ao longo do tempo. A evolução implica mudança e não necessariamente “melhora” ou “progresso”.

*Fotossíntese* – Fenômeno realizado no interior da célula de alguns organismos (chamados fotossintetizantes), que permite a incorporação do carbono vindo do CO<sub>2</sub> (gás carbônico), em molécula de açúcar conhecida como glicose. É um processo realizado por todas as plantas e muitas espécies de bactérias.

*Períodos, eras, éons* – Divisões próprias da escala do tempo geológico, sendo empregadas para se referir a grandes intervalos de tempo, em diferentes escalas. Éons podem durar de milhões a bilhões de anos, por exemplo, enquanto períodos duram cerca de algumas dezenas de milhões de anos.

*Tempo geológico* – É a escala do tempo empregada para contar a história do planeta. Nesta escala, a passagem do tempo geralmente é contada em termos de milhões ou mesmo bilhões de anos.

## **Sites interessantes**

COMISSÃO Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos. Disponível em: <https://bit.ly/4dkjUyd>.

EARTH How. Disponível em: <https://bit.ly/3zib2eS>.

EUROPEAN Association of Geochemistry Blog. Disponível em: <https://bit.ly/4gzkco4>.

NASA, Global Climate Change. Disponível em: <https://bit.ly/3ZDS2Su>.

## CAPÍTULO 4

# CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SUAS ESPECIFICIDADES NO BRASIL

*Priscila Pereira Coltri  
Rafael Vinicius de São José  
Guilherme Almussa Leite Torres*

Dando continuidade às discussões, neste capítulo, você terá a oportunidade de conhecer algumas características dos modelos e simulações climáticas e identificar, de forma resumida, o que há de mais importante nos seis relatórios do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), publicados até agora. Também encontrará informações sobre o que é esperado para o mundo em termos de projeções climáticas e, especificamente, para o Brasil, nos principais cenários de mudanças climáticas, além de aprender um pouco mais sobre a relação entre as mudanças no clima, as mudanças no padrão das variáveis meteorológicas e a ocorrência de eventos extremos.

### **Introdução**

Os climas da Terra estão sempre mudando em função de inúmeros fatores, inclusive de ordem astronômica, os quais devem ser analisados minuciosamente (Steinke, 2012). Essas mudanças podem ocorrer por fatores de ordem natural e antropogênica (influência da humanidade). Evidências científicas, publicadas desde 1890, demonstram-nas ao longo do tempo (Reboita *et al.*, 2014). No entanto, conforme discutido no Capítulo 2, principalmente após a Revolução Industrial, as temperaturas globais subiram de forma muito rápida e abrupta, em um espaço de tempo bastante curto. O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas afirma que esse aquecimento registrado não tem precedentes.

Diversos trabalhos científicos comprovam que essa mudança abrupta na temperatura está diretamente relacionada a causas antropogênicas. Ao estudar quais fatores poderiam modificar as temperaturas na Terra, os cientistas chegaram à conclusão de que não se excederia 0,1° ou 0,2°C. Ou seja, haveria variações naturais e normais. Mas, ao simular os fatores naturais associados aos

antropogênicos, o resultado é a temperatura observada nos últimos anos teve aumentos que chegam a 1,3°C. Foi nesse contexto e a partir dessas evidências que as atividades antrópicas se tornaram o centro dos grandes fatores de mudança do clima global (IPCC, 2021). Ilustrações interessantes que simulam a temperatura da Terra podem ser consultadas no Sexto Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (AR6) e na reportagem do Jornal da Universidade de São Paulo (USP), disponível em: <https://bit.ly/47E2lrN>.

As observações relacionadas ao aumento da temperatura global estão associadas a fatores importantes e observados, como aumento desordenado das emissões de gases de efeito estufa (GEEs), o derretimento de geleiras, o aumento do nível do mar (Reboita *et al.*, 2014), aumento da frequência e intensidade das secas (Marengo, 2008), chuvas intensas, ondas de calor e frio intensos (IPCC, 2022). Essas observações têm despertado, cada vez mais, o interesse das pessoas pelo entendimento dos climas e das mudanças climáticas. As comunidades têm percebido transformações em relação a variáveis meteorológicas e têm procurado respostas sobre esse aspecto. O que pode acontecer nos próximos anos e décadas?

## **Modelos matemáticos, cenários e incertezas**

### ***Modelos matemáticos***

O ponto central para o entendimento dos modelos climáticos é a modelagem matemática. A partir dela, é possível entender os cenários projetados, bem como o impacto das mudanças no padrão das variáveis meteorológicas (temperatura do ar, chuva, umidade relativa, vento, entre outras) nos diferentes setores da sociedade.

A modelagem matemática é uma área de conhecimento interdisciplinar, que estuda sistemas reais. Pode ser aplicada em diferentes áreas como Geografia, Biologia, Agronomia, Economia e Engenharias. Ela se propõe, por meio de equações matemáticas, simular os sistemas (e fenômenos) reais e seus comportamentos.

Nesse contexto, a modelagem pode ser utilizada para reproduzir e simular os climas e o tempo atmosférico. No entanto, para entender a modelagem climática (e ambiental), é necessário se atentar a complexidade do sistema climático. Modelar matematicamente um sistema caótico não é tarefa fácil.

O clima é um sistema complexo que envolve atmosfera (camada de gases que envolve a Terra), a hidrosfera (toda água encontrada no planeta), a criosfera (superfície terrestre coberta permanentemente por gelo e neve), a geosfera (parte sólida do planeta) e a biosfera (parte “viva” do planeta), bem como as complexas interações entre elas (UNFCCC, 1992; Sampaio; Dias, 2014). Os modelos mais complexos que conseguem relacionar todos esses componentes são chamados de “Modelos do Sistema Terrestre”.

### *Um breve histórico sobre a modelagem climática*

Historicamente, os modelos climáticos, como conhecemos hoje, se iniciaram na década de 1970, após o avanço da computação dos anos 1960 (Miller; Edwards, 2001). No entanto, o reconhecimento de que a evolução da atmosfera poderia ser analisada por meio de equações matemáticas se deu no início do século XIX, com Abbe (1901) e Bjerknes (1904).

Esta constatação foi bastante audaciosa para época. Havia poucas observações de rotina do estado atmosférico, pouca compreensão da possibilidade de prever o sistema climático futuro e, acima de tudo, não havia computadores (Bauer; Thorpe; Brunet, 2015). Mesmo assim, isso foi essencial para evolução da área da modelagem atmosférica.

Com o passar dos anos, a modelagem atmosférica foi evoluindo cada vez mais. As primeiras previsões do tempo ocorreram na década de 1940, com o pesquisador Jule Charney (Sampaio; Dias, 2014). Na década de 1950, um grupo de pesquisadores de Princeton (em Nova Jersey, EUA), iniciou simulações de previsão do tempo para 24 horas. No entanto, elas eram muito demoradas de serem executadas e, portanto, não tinham muita utilidade do ponto de vista prático. Mas, representaram um enorme avanço do ponto de vista teórico (Sampaio; Dias, 2014).

Foi na década de 1960, com o avanço da computação, que os modelos climáticos globais se destacaram. Mesmo com os computadores limitados daquela época, importantes nomes se sobressaíram, como Sakuro Manabe, Klaus Hasselmann e Giorgio Parisi. Esses pesquisadores ganharam o Prêmio Nobel da Física, em 2021, pelas importantes contribuições na compreensão e simulação de fenômenos complexos como o clima.

Hoje, passados mais de um século dos primeiros estudos de Abbe (1901) e Bjerknes (1904), os modelos climáticos são bastante complexos, acoplando simulações atmosféricas, de água (oceano, hidrologia de superfície e gelo), de

solo, vegetação e componentes químicos (aerossóis e gases, por exemplo, carbono, CO<sub>2</sub>, metano, ozônio, hidrogênio etc.). A complexidade desses modelos é enorme, permitindo, diariamente, a resolução de uma série de equações que levam em conta toda a dinâmica e inter-relações dos climas. Os modelos conseguem, em pouco tempo (cronológico), resultar na previsão do tempo (em escala diária), dos climas (em escala sazonal) e projeções (de décadas).

Os modelos climáticos, portanto, podem ser resumidos de forma bastante didática como um conjunto de equações. Essas equações, no entanto, não tem uma solução analítica e são solucionadas de forma numérica com aproximação, com a finalidade de representar, matematicamente, a realidade climática (Freitas; Longo; Rodrigues, 2009). Os modelos climáticos utilizam o estado inicial da atmosfera (por meio de observações de estações meteorológicas, satélites, radares) e as equações clássicas da Física e as leis de conservação (que governam a evolução da atmosfera), para entender o comportamento evolutivo da atmosfera. Os resultados podem ser uma solução única e determinística, ou podemos partir de condições iniciais ligeiramente modificadas da fundamental, e resultar em um conjunto de previsões (ou projeções), que dá uma ideia de previsibilidade do estado atmosférico. Assim, em princípio, a modelagem climática, consegue descrever os climas e sua evolução.

A Figura 1 representa, didaticamente, a esquematização de um modelo climático. Foi inspirada nos modelos da Nasa (NOAA Climate Models). Para a simulação climática, o globo é dividido em grades tridimensionais (quadrados da Figura 1), que reproduzem os processos dos componentes do sistema climático. Esses processos são calculados em cada uma das grades, em um certo tempo e espaço.

O tamanho das grades (células representadas na Figura 1) define a resolução do modelo. Quanto menores as grades, maior o nível de detalhamento do modelo e, portanto, maior a sua resolução espacial. Os dados são mais refinados e os modelos mais detalhados, com mais informações. Esse detalhamento consegue captar melhor as feições regionais, mas depende de uma maior capacidade computacional, bem como de armazenamento e interpretação de dados.



**Figura 1. Representação esquemática dos modelos climáticos**

Fonte: Figura gerada a partir do site de Inteligência Artificial (IA) *Mage Space*. Disponível em: <https://bit.ly/47yvip2>. Acesso em: 20 set. 2023.

O avanço da modelagem climática trouxe inúmeros benefícios, tanto para sociedade quanto para alguns campos específicos como a Física e a Computação (Bauer; Thorpe; Brunet, 2015). O conhecimento acumulado ao longo desses anos, na evolução dos modelos, é considerado uma revolução do conhecimento. A complexidade da previsão climática global é tão grande que pode ser comparada à simulação do cérebro humano e da evolução do Universo primitivo (Bauer; Thorpe; Brunet, 2015). Mesmo com toda essa complexidade, o desenvolvimento científico e tecnológico permitiu que esses modelos fossem rodados nos principais centros operacionais do mundo, incluindo o Brasil (Cavalcanti *et al.*, 2002; Chou *et al.*,

2000). No Brasil, as previsões numéricas do tempo e clima tiveram início em 1994, quando o Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), do Instituto Espacial de Pesquisas Espaciais (Inpe), foi implementado em Cachoeira Paulista, no interior de São Paulo (Sampaio; Dias, 2014). O Brasil, por meio dos trabalhos desenvolvidos no CPTEC, ao longo de décadas, se destacou com modelos importantes na América do Sul (Cavalcanti *et al.*, 2002; Chou *et al.*, 2000) e até mesmo mundialmente. O CPTEC colocou o país em nível de igualdade científica com os maiores centros de meteorologia do mundo.

Apesar de todo esse avanço, muitos trabalhos científicos indicam a importância de entender que os modelos climáticos representam de forma simplificada a realidade, mas não são a realidade. Portanto, há um limite na interpretação (Maslin; Austin, 2012).

Alguns estudos como os de Oreske *et al.* (1994) ainda enfatizam a importância de que os resultados dos modelos possam ser “confirmados pela demonstração de concordância entre observação real e previsão, mas a confirmação é inerentemente parcial”. Esse entendimento é essencial quando se trabalha com a previsão do tempo, previsão sazonal e a projeção climática.

### **Diferenças entre previsão do tempo, previsão sazonal do clima e projeção climática (relacionadas às mudanças climáticas)**

Embora o princípio seja o mesmo, é importante entender a diferença entre os conceitos de previsão de tempo, projeção sazonal do clima e projeção climática relacionada às Mudanças Climáticas.

Previsão do tempo são as respostas dos modelos indicando o comportamento da atmosfera (movimentação das grandes massas de ar, frentes, vento, temperatura do ar, possibilidade de chuva, etc.) em curto prazo. É possível prever o tempo atmosférico com alguns dias de antecedência (24h, 48h, 72h...). Em algumas situações de estabilidade, é possível prever o tempo com até quinze dias de antecedência (Sampaio; Dias, 2014), mas, quanto mais próximo da data na qual o modelo foi rodado, maior é a porcentagem de acerto. Na prática diária, essas previsões são aquelas que escutamos na televisão, no rádio, ou mesmo vemos nos aplicativos de celulares, que indicam a probabilidade de chuva nos próximos dias, bem como a temperatura do ar esperada.

Sampaio e Dias (2014, p. 48) destacam que

os serviços meteorológicos mais avançados não conseguem desenvolver previsões de tempo com taxas de acerto úteis para prazos maiores do que seis ou sete dias, e somente em situações excepcionais é que a previsibilidade se estende a 10-15 dias.

Isso se deve a natureza caótica do sistema climático e a melhoria dos sistemas observacionais e computacionais.

Diferentemente da previsão do tempo, as previsões climáticas sazonais são trimestrais (três meses). Têm sido realizadas desde a década de 1990, indicando o comportamento do padrão da atmosfera em relação ao padrão esperado, ou seja, se as variáveis meteorológicas (como temperatura do ar e precipitação) devem se comportar acima ou abaixo da média esperada para aquela localidade. Nesses resultados, não teremos, por exemplo, indicações de qual o dia vai chover no próximo trimestre, mas sim um resultado médio trimestral, ou seja, se a chuva do próximo trimestre tende a se comportar acima ou abaixo do esperado. Essas previsões são realizadas partindo-se, principalmente, das condições de contorno, como a temperatura da superfície do mar (TSM) (Palmer; Anderson, 1994). Algumas regiões do globo têm uma maior previsibilidade (maior confiança nas previsões) do que outras. O trabalho de Sampaio e Dias (2014), apresenta a confiabilidade da previsão sazonal para os locais da América do Sul. No Brasil, por exemplo, é possível fazer previsões com alta confiabilidade para a Região Nordeste e parte da Norte, devido, principalmente a grande dependência que os climas dessas regiões têm em relação ao oceano. Já para o Centro-Oeste, tem-se uma baixa previsibilidade climática sazonal.

As previsões sazonais brasileiras podem ser consultadas na página do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) (disponível em: <https://bit.ly/3B5fxtx>), que apresenta, além dos mapas da previsão sazonal, as notas técnicas explicativas.

Já a projeção climática, relacionada às mudanças climáticas,

é uma resposta simulada do sistema climático a um cenário de emissão ou concentração futura de gases de efeito estufa (GEE) e aerossóis, geralmente derivado de modelos climáticos (IPCC, 2018).

Ou seja, nessas simulações é possível obter resultados do comportamento dos climas considerando a emissão de gases de efeito estufa em di-

ferentes níveis. São elas que nos indicam, por exemplo, que a temperatura do globo pode subir em até 2°C ou 3°C nas próximas décadas.

Vale ressaltar que, segundo do IPCC (2018):

As projeções climáticas são diferenciadas das previsões climáticas por sua dependência a um cenário de emissão/concentração/forçamento radiativo utilizado, que, por sua vez, se baseia em suposições relativas, por exemplo, ao futuro desenvolvimento socioeconômico e tecnológico que podem ou não acontecer.

Justamente porque as respostas das projeções climáticas dependem de uma forçante (como, por exemplo, emissão de gases de efeito estufa), a forma de visualização dos resultados, geralmente, é dada em um formato que abrange diferentes cenários, como pode observar nos mapas e gráficos publicados pelos relatórios do IPCC.

Na maioria das figuras dos relatórios do IPCC, as mudanças na temperatura e precipitação podem ser observadas em diferentes cenários (ou forçantes) de gases de efeito estufa. No quinto relatório do IPCC (AR5), por exemplo, dois diferentes panoramas podem ser visualizados: o Caminho de Concentração Representativa (RCP) número 2.6, que traduz uma sociedade com baixas emissões de gases de efeito estufa. E o RCP 8.5, traduz uma sociedade que continua a emitir altas quantidades de gases de efeito estufa na atmosfera. O RCP 8.5 é o pior cenário, com aumento considerável da temperatura nos mais diferentes locais do planeta. A região central do Brasil, por exemplo, poderia aumentar sua temperatura em até 5°C, quando comparado com a média de temperatura entre os anos de 1986-2005. Mas isso acontecerá **SE** a sociedade continuar a emitir os gases nessa proporção. Esse conceito do “se” é a base para entender que projeção é diferente de previsão.

Segundo o *Our World in Data*, é possível descrevermos cinco diferentes cenários de “se” em relação às possibilidades de emissões de gases de efeito estufa: (1) se a sociedade não realizar nenhum tipo de política com base no clima futuro: isso resultaria em um aquecimento estimado de 4.1 a 4.8°C, acima das temperaturas pré-industriais, até 2100; (2) se a sociedade continuasse a implementar as políticas climáticas já implementadas atualmente: isso resultaria em um aquecimento entre 2.7 e 3.1°C, acima das temperaturas pré-industriais, até 2100; (3) com promessas e metas ambiciosas, que limitariam a um aquecimento de até 2.4°C, até 2100, e por fim, (4) os cenários com diminuição considerável da quantidade de emissões de gases

de efeito estufa, publicados no relatório do IPCC, *Special Report 1.5°C*, essas atuações da sociedade limitariam o aquecimento a 1,5°C.

## **Incertezas dos modelos climáticos**

As projeções de mudanças climáticas indicam, portanto, que os climas podem mudar a médio e longo prazo devido a diferentes forçantes (que podem ser os gases de efeito estufa, forçantes naturais, aerossóis etc.). No entanto, vale ressaltar que há uma série de incertezas associadas a essas forçantes. Incertezas de como a sociedade vai se comportar em relação a sua matriz energética, em relação ao uso do solo, desmatamento, meios de produção, bem como as incertezas dos modelos, viés, acertos, feições regionais, entre outras. Há uma série de incertezas associadas a esses resultados.

As forçantes naturais e antropogênicas são um dos primeiros conjuntos que devem ser levados em conta quando utilizamos os modelos de projeções climáticas. Além disso, os modelos climáticos globais são produzidos por meio de uma série de ferramentas de modelagem, que vão desde os modelos globais atmosféricos acoplados até técnicas de redução de escalas (Giorgi, 2005). Obviamente, quanto mais complexos os modelos, maiores são as quantidades de incertezas associadas a eles.

Assim, temos o que cientificamente nomeamos de “cascatas de incertezas” que devem ser levadas em conta quando se utiliza dados de modelos climáticos. Giorgi (2010) demonstra essa cascata de incertezas em no seu trabalho publicado.

Giorgi (2010) faz uma análise interessante em relação a essas incertezas dos modelos. O autor resalta que “incerteza” geralmente tem uma conotação negativa que pode ser tratada como pouco conhecimento do problema, reduzindo o avanço científico da pesquisa. No entanto, elementos de incerteza são intrínsecos ao problema das mudanças climáticas e, portanto, é muito importante que sejam totalmente caracterizados para fornecer toda a gama de resultados possíveis e, em particular, resultados de baixa probabilidade e alto impacto. Podemos nos referir a isso como “incerteza intrínseca”. O autor ainda discute que

neste caso, paradoxalmente, o aumento do conhecimento pode levar a um aumento da incerteza. Compreender e relacionar os problemas de incerteza do conhecimento (ou “ruim”) e incerteza intrínseca (ou

“boa”) é uma tarefa difícil, especialmente quando se comunica esta questão a não especialistas (Giorgi, 2010, p. 116).

Por isso, o que os cientistas do clima fazem há anos é, além de tratar o problema de forma conceitual e prática, entender as incertezas e caracterizá-las dentro dos resultados, ressaltando que as projeções climáticas não são deterministas. Isso deve ser difundido entre as pessoas e estudiosos que lidam com os dados de projeção climática. Entender as projeções climáticas como uma “projeção” e não como uma determinação, é fundamental para essa área.

## **O IPCC e seus relatórios**

Quando o assunto são mudanças climáticas, frequentemente ouvimos e lemos sobre o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, o IPCC.

O IPCC é um órgão não governamental, fundado em 1988, pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Como órgão intergovernamental, a adesão é aberta a todos aqueles vinculados à Organização das Nações Unidas (ONU) ou à OMM. Segundo informações do site oficial, atualmente, conta com 195 países membros. Muitos cientistas de todo o mundo contribuem com esse trabalho. Para o sexto relatório, publicado em 2022, 21 cientistas brasileiros foram convidados e participaram das revisões e escrita. Os cientistas são indicados pelo governo.

O IPCC é custeado pelos governos do mundo e é “mais conhecido por seus relatórios de Avaliação, que são amplamente reconhecidos, em princípio, como as fontes mais confiáveis de informações sobre a mudança do clima” (Steinke, 2012, p. 134). Até hoje (2024), já publicou seis relatórios (chamados de *Assessment Reports*, com a sigla AR) e um especial (o *Special Assessment 1.5°C*). Nesses relatórios, publica-se o que a Ciência tem descoberto e estudado sobre as mudanças climáticas. Normalmente, após isso, acontecem as grandes reuniões climáticas, onde os governantes do mundo tentam encontrar soluções e acordar metas para enfrentar as mudanças projetadas.

Vale ressaltar que o IPCC, embora seja composto por cientistas, não levanta dados primários de experimentos. Os atuantes no órgão, revisam e compilam toda a pesquisa feita pelo mundo, analisa e discute os principais achados científicos dos artigos publicados e revisados aos pares e, por fim, escrevem os relatórios. O principal objetivo é fornecer informações científicas, técnicas e socioeconômicas relevantes para o entendimento do assunto.

O IPCC tem três frentes de trabalho, chamados de “Grupos de Trabalho”. O Grupo I avalia a ciência do sistema climático e da mudança do clima; o Grupo de Trabalho II avalia os sistemas socioeconômicos e as vulnerabilidades diante da mudança climática, bem como as possibilidades de adaptação. É esse grupo que traça as projeções futuras. Por fim, o Grupo III avalia como limitar as emissões de GEE, por meio da mitigação, elaborando propostas para o desenvolvimento de uma economia mais limpa, sustentável e menos nociva ao meio ambiente.

Cada um dos relatórios publicados pelo IPCC traz uma “frase resumo”, que indica a principal mensagem dos relatórios de avaliação (AR). A Tabela 1 indica os principais tópicos dos relatórios já publicados. Vale ressaltar que, desde 1990, ou seja, há mais de 30 anos, o IPCC avisa e publica praticamente a mesma mensagem, alertando sobre o aquecimento global, a influência humana na alteração dos climas, os grandes impactos e a urgente necessidade de ações em âmbito global.

Relatório de Avaliação do IPCC	Tópicos relevantes
AR1	<p style="text-align: center;">Data de 1990.</p> <p>Foi utilizado nas negociações da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, em 1992. A principal mensagem do relatório foi: “ação global e controle da emissão de gases”. Esse relatório firmou que as atividades humanas poderiam estar causando o aumento do efeito estufa.</p>
AR2	<p style="text-align: center;">Elaborado em 1995.</p> <p>Atualização das informações do AR1 sobre a mesma amplitude de assuntos. Inclusão de nova área temática de questões técnicas associadas com os aspectos econômicos da mudança do clima. A principal mensagem foi: “o homem, a causa das mudanças climáticas”. Segundo o relatório: “era pouco provável que as mudanças de temperaturas observadas nos últimos 100 anos fossem resultadas de forças naturais”. Além disso, o relatório mencionava que as pesquisas analisadas indicavam que a atividade humana era a principal responsável pelas alterações climáticas.</p>
AR3	<p style="text-align: center;">Anunciado oficialmente em 21 de janeiro de 2001.</p> <p>Novamente ressaltava as atividades humanas de emissão de gases de efeito estufa como a maior causa do aquecimento global observado nas últimas cinco décadas; Projeções até 2100: média global da temperatura aumentaria entre 1,4°C e 5,8°C; Aumento no nível dos mares. O relatório enfatiza o “aumento do aquecimento” que, para este século, seria maior do que o previsto.</p>

---

Publicado em 2007.

AR4 Foi o mais espantoso publicado até então. A mensagem do AR foi de um “cenário catastrófico”. Foi apresentado em Paris, na França. O documento traçava o cenário mais severo já projetado pelo grupo. Os cenários resultaram na conclusão de um aumento na fome e nas doenças globais, representando uma séria ameaça à biodiversidade, com a previsão de extinção de aproximadamente um terço das espécies conhecidas, além de um aumento no nível dos oceanos, representando uma ameaça para as populações costeiras.

O relatório ainda afirmava que o aumento da temperatura observado nas últimas cinco décadas ocorreu por causa das atividades humanas, com mais de 90% de confiabilidade.

---

AR5 O relatório de 2014 trouxe a mensagem de que “as mudanças climáticas já começaram”. Mais do que uma projeção, trouxe observações e os possíveis impactos em diferentes áreas, como a produção agrícola. Segundo a Ciência, as mudanças estavam acontecendo mais rápido do que o projetado e que era importante a sociedade investir em atividades de adaptação e mitigação. Segundo esse relatório, seria muito importante a sociedade se atentar ao fato de que “o crescimento econômico será maior se a sociedade investir em energia limpa, e menor se a sociedade se recusar a aumentar os investimentos em energia limpa”.

---

Relatório Especial 1,5°C – Apresentado em 2018.

Special Report – 1.5°C São traçados os impactos do aquecimento global de 1,5°C. Concluindo que seria necessário implementar transformações rápidas, profundas e sem precedentes em todos os setores da sociedade para limitar o aquecimento global a 1,5°C.

Com efeitos positivos evidentes para as pessoas e os ecossistemas naturais, o relatório constatou que a limitação do aquecimento global a 1,5°C em vez de 2°C teria o potencial de estabelecer uma sociedade mais sustentável e equitativa.

Enquanto estimativas anteriores se concentravam em prospectar sobre os danos resultantes de um aumento de temperatura de 2°C, este relatório indica que muitos dos impactos negativos já ocorrerão com um aumento de 1,5°C.

Assim, destaca-se os impactos do aquecimento global de 1,5°C acima dos níveis pré-industriais e respectivas trajetórias de emissão de gases de efeito estufa, no contexto do fortalecimento da resposta global à ameaça da mudança do clima, do desenvolvimento sustentável e dos esforços para erradicar a pobreza.

---

---

Publicado em 2021/2022.

Os cientistas não têm dúvidas de que as atividades humanas causaram o aquecimento do planeta. Observa-se **mudanças rápidas e generalizadas** nos padrões climáticos e já se percebem alguns impactos decorrentes disso.

A Ciência agora oferece **evidências do impacto humano em todo o sistema climático**, sendo as emissões antropogênicas responsáveis por um planeta alterado e menos estável.

**Para todos os cenários, espera-se um aquecimento de 1,5°C.** No mais otimista de redução de emissões, espera-se que alcancemos 1,5°C até a década de 2030, com um leve aumento de 1,6°C, seguindo para 1,4°C até o final do século. Os cientistas enfatizam **a importância de combater outros gases de efeito estufa**, além do dióxido de carbono, no curto prazo. As emissões de metano – um poderoso gás – são particularmente preocupantes.

AR6

O aquecimento terá impactos negativos nos ecossistemas terrestres e oceânicos, os quais têm capacidade limitada para enfrentar a crise climática. Para conter o aquecimento, os tomadores de decisão devem implementar planos de emissão líquida zero de carbono junto da remoção do dióxido de carbono já emitido na atmosfera e a redução rápida e profunda das emissões. As estimativas do orçamento de carbono restante – que indicam a quantidade de CO<sub>2</sub> que ainda pode ser emitida – foram atualizadas desde os relatórios anteriores, mas o orçamento de carbono permanece praticamente inalterado.

---

### **Tabela 1. Relatórios do IPCC e seus principais tópicos**

Fonte: Adaptado de Steinke (2012, grifos nossos), e com base nos relatórios publicados pelo IPCC.

Com base no AR6 do IPCC (2021), as projeções dos modelos climáticos apontam que a temperatura do ar aumentará em 1.5°C, em todos os cenários. No caminho mais ambicioso de emissões, ou seja, reduzindo consideravelmente a emissão de GEE em relação a atual, alcançaremos 1.5°C já nos anos 2030, o que poderá provocar repercussões bastante negativas, sobretudo para às sociedades mais vulneráveis.

Pesquisas desenvolvidas em diversas partes do mundo têm alertado, ainda, para o aumento dos eventos extremos em função dos efeitos das mudanças climáticas. Chuvas, secas, ondas de calor e de frio são alguns dos eventos extremos que podem assumir importância no dia a dia das comunidades, tanto pela vulnerabilidade social e ambiental, quanto pelo aumento da frequência e intensidade desses eventos (Santos *et al.*, 2017). O sexto relatório comentado do AR6, do Observatório do Clima (disponível em: <https://bit.ly/3zrZJ3B>), apresenta a mudança no número de eventos extremos de calor e chuva intensa. O documento do observatório, na página 2, ressalta que

é virtualmente certo que a frequência e a intensidade de extremos de calor e a intensidade e duração de ondas de calor aumentaram na maior parte do globo desde 1950, enquanto os extremos de frio ficaram menos frequentes e menos severos. As ondas de calor marinhas dobraram em frequência desde os anos 1980 e a influência humana muito provavelmente contribuiu com a maioria delas desde 2006. Alguns extremos de calor observados na última década seriam extremamente improváveis sem influência humana.

O documento ainda expõe, na página 3, que

é provável que a proporção de ciclones tropicais (furacões) intensos (categorias 3 a 5) tenha crescido nas últimas quatro décadas e que essas tempestades no noroeste do Pacífico tenham se deslocado para o norte. Há alta confiança quanto a estudos de atribuição sobre a influência humana no aumento da precipitação extrema associada a ciclones tropicais.

Os eventos extremos, atrelados às vulnerabilidades sociais, resultam em elevados riscos ambientais, com ameaça as atividades econômicas, além de impor limites para o uso e ocupação de determinadas áreas, inclusive nas cidades.

O panorama abordado ressalta que o estudo acerca dos cenários de mudanças climáticas em escala global, regional e local é de singular relevância. É por meio deste que pode ser possível subsidiar pesquisas interessadas no desenvolvimento de modelos mais sofisticados de gestão dos riscos às mudanças climáticas. Assim, é fundamental que as decisões de planejamento em longo prazo avaliem as projeções climáticas futuras com a finalidade de reduzir riscos (Singh *et al.*, 2018) e promover a resiliência. As decisões são tomadas por meio de um enorme conjunto de cenários presumíveis, não apenas sobre o estado futuro do clima, mas, também, considerando outros fatores como os econômicos, políticos e culturais (Adger *et al.*, 2009).

## **Cenários de mudanças climáticas no mundo**

Os impactos das mudanças climáticas nos mais diferentes setores da sociedade não é algo novo. Conforme exposto, a cada novo relatório do IPCC, novos documentos são publicados indicando tais impactos. Em um relatório lançado em 2006 (Stern, 2006), já era mencionado que um aumento de aproximadamente 3°C na temperatura poderia resultar em secas na Europa, escassez de água para bilhões de pessoas no mundo e um aumento significativo nos casos de desnutrição, afetando milhões de pessoas

(Tabela 2). O relatório apresenta as principais consequências projetadas para aumentos que variam de 1 a 5°C. A Tabela 2 resume as principais projeções de consequências para os níveis de acréscimo na temperatura global.

Níveis de aumento da temperatura global	Principais consequências projetadas
Elevação de 1° C	O derretimento das geleiras representa uma ameaça ao abastecimento de água para milhões de pessoas; um pequeno acréscimo na produção de cereais nas regiões com clima mais frio; aumento anual de mortes devido a doenças relacionadas às mudanças climáticas, como malária e desnutrição. No entanto, poderia haver uma leve diminuição na taxa de mortalidade nos meses de inverno nas regiões de maior latitude; devastação dos recifes de corais.
Elevação de 2° C	Redução na produção de cereais localizados na área da na África Tropical (que oscilaria entre 5 e 10% do total), resultando em um aumento de pessoas expostas à malária nessa região; até 10 milhões de pessoas mais sujeitas a enchentes em áreas costeiras; espécies ameaças de extinção (entre 15 a 40% de todas elas), com destaque para o risco significativo de extinção das espécies no Ártico, especialmente os ursos polares. Existe também a possibilidade de um derretimento irreversível da camada de gelo da Groenlândia, o que resultaria em um aumento de 7 metros no nível do mar.
Elevação de 3° C	Na Região Sul do continente europeu, períodos de seca acentuada ocorrerão a cada década; escassez de água (entre 1 bilhão e 4 bilhões de pessoas seriam afetadas a mais, em comparação aos dados atuais); maior risco de a população passar fome (entre 150 milhões e 550 milhões de pessoas), e aumento de mortes por desnutrição. Já na América, é possível o início do colapso da Floresta Amazônica. Há risco também do colapso das camadas de gelo; maior probabilidade de ocorrer mudanças abruptas no mecanismo das monções e no sistema de circulação de águas quentes no Atlântico.
Elevação de 4° C	As safras de produtos agrícolas na África sofrem uma redução significativa de 15% a 35%; maior exposição a malária no continente; cerca de metade da vegetação de tundra no Ártico pode desaparecer.
Elevação de 5° C	Grandes geleiras no Himalaia podem desaparecer, com graves consequências para a população chinesa, e moradores da Índia. Intensificação da atividade oceânica, causando danos significativos aos ecossistemas marinhos e possivelmente às populações de peixes; elevação do nível dos oceanos ameaça as pequenas ilhas e as áreas costeiras.

**Tabela 2. Projeção de consequências para os níveis de acréscimo na temperatura global**

Fonte: Adaptado do Relatório Stern (2006), citado por Marengo (2008).

O sexto e mais recente relatório, o AR6 (IPCC, 2021), apresentou avanços em relação ao publicado no relatório Stern e destaca, de forma enfática, que, para todos os cenários projetados, todas as variáveis climáticas apresentarão alterações nas mais diversas partes do mundo. Assim, locais que, por exemplo, são conhecidos pela escassez hídrica podem passar por intensificação do fenômeno com alteração não apenas nas temperaturas, mas também na umidade relativa do ar. Esta situação demonstra o potencial aumento do risco associado às alterações climáticas e ao consequente aumento da vulnerabilidade social.

Os desafios que a nova dinâmica climática do planeta impõe sobre a humanidade são amplos, abrangendo diversas áreas do conhecimento científico. Os impactos de tais mudanças possuem capacidade de alterar, por exemplo, a produção dos sistemas agrícolas por, principalmente, modificar o regime de chuvas das regiões produtoras e aumentar a ocorrência de eventos extremos (Wagner *et al.*, 2021).

Como exemplo, um estudo de caso foi realizado por Grüter *et al.* (2022), levando em consideração os efeitos das mudanças climáticas no cenário RCP 4.5, sobre a produção de café nos principais países produtores. Os autores concluíram que até o ano de 2050, a produção global de café poderá cair em até 50%.

Não apenas as áreas agricultáveis podem passar por tais desafios, mas também as de preservação, com vegetação nativa, visto que a suscetibilidade destas a incêndios aumentaria (Assis; Mattos, 2016; Souto; Freitas; Martins, 2021) comprometendo fauna e flora destas regiões. Um exemplo claro de que esta dinâmica já está acontecendo é a maior ocorrência de queimadas nas principais florestas do mundo, presentes no Brasil e na Austrália (Vasconcelos *et al.*, 2013; Abram *et al.*, 2021).

Outra questão preocupante é a saúde humana que pode ser comprometida pelas mudanças na umidade relativa do ar e nas temperaturas (ondas de calor e de frio). As perturbações ambientais produzidas pelo aumento das temperaturas causariam desequilíbrios ecológicos que podem criar condições para o surgimento de novas doenças (Lindgren *et al.*, 2012), afetando, principalmente, populações mais vulneráveis da Ásia e da África (Zezzo *et al.*, 2021). A saúde coletiva também enfrentará incertezas em áreas urbanas que podem sofrer com o aumento de insetos vetores de doenças como leishmaniose visceral, dengue, febre amarela, chikungunya e zika (Galati *et al.*, 2015).

A saúde mental é outro aspecto humano que recentemente vem sendo debatido nos principais fóruns de discussão sobre mudanças climáticas globais (Berry; Bowen; Kjellstrom, 2010; Clayton, 2021). É crescente o número de pesquisas demonstrando que não apenas eventos climáticos extremos podem ser prejudiciais, elevando principalmente a depressão e outros transtornos, mas também que as mudanças mais sutis, como o aumento das temperaturas e a redução da qualidade do ar também são prejudiciais à saúde mental (Clayton, 2021). Com tais efeitos, populações que vivem em situação de vulnerabilidade em países pobres serão as que enfrentarão os maiores desafios na manutenção de um ambiente favorável ao seu desenvolvimento (Berry; Bowen; Kjellstrom, 2010).

Em suma, os impactos já registrados e as possíveis consequências futuras advindas das mudanças climáticas já são amplamente relatados na literatura científica especializada e a cada dia mais conhecidas pela população por meio dos veículos de comunicação e as redes sociais (Venghaus; Henseleit; Belka, 2022). Um estudo recente mostrou que na Alemanha, parte da população apresenta conhecimento significativo sobre mudanças climáticas, embora boa parte ainda tenha dificuldade em incorporar hábitos que contribuam para a mitigação das mudanças climáticas. A cobrança sobre o governo e o debate no âmbito político também vem aumentando significativamente (Venghaus; Henseleit; Belka, 2022).

A busca por soluções vem crescendo em setores da sociedade civil organizada, que pressionam governos a contribuir com soluções de maior impacto. Um dos exemplos que pode ser configurado como movimento, em nível mundial, é a mudança da matriz energética global (Romano, 2014; Paixão; Miranda, 2018). A União Europeia, por exemplo, está há anos debatendo estratégias de desenvolvimento energético por meio de fontes limpas de emissões de GEE (Romano, 2014). No Oriente, a China vem se destacando por resultados significativos na diversificação da matriz energética nacional e da indústria limpa (Paixão; Miranda, 2018), embora ainda seja um dos maiores emissores de poluentes no mundo (Silva, 2022).

### **América do Sul: o caso do Brasil**

Em relação à América do Sul, Reboita *et al.* (2014), com base em estudos anteriores para o continente sul-americano, sintetizaram as projeções para o clima futuro, demonstrando que há uma indicação de um aqueci-

mento geral em toda sua extensão, contudo, com maior aumento de temperatura no Brasil central. Já quanto à precipitação, as maiores anomalias negativas também são projetadas no centro-norte do país, enquanto que sobre o sudeste da AS, no verão, espera-se condições mais úmidas em comparação com clima atual (Reboita *et al.*, 2014).

Para o futuro, Marengo *et al.* (2010), agrupando três modelos climáticos regionais (RCMs), Eta/CPTEC, HadRM3P e RegCM3, nas projeções do HadAM3P, com a alta emissão (cenário A2), verificaram que no futuro (2071-2100), as temperaturas do ar sobre a AS poderiam subir até 4°C acima da média climatológica (1961-1990). Para a Amazônia e Norte do Nordeste do Brasil, projetou-se uma diminuição da precipitação ao longo do ano, mas para outras regiões da AS, não há mudanças significativas (Reboita *et al.*, 2014).

Vera *et al.* (2006), a partir da comparação de sete modelos climáticos globais (GCMs), utilizando o cenário A1B<sup>8</sup> para o período 2070-2099, projetaram um aumento significativo da precipitação de janeiro a março sobre o Sudeste da América do Sul (Sesa) e condições secas em grande parte do continente no inverno.

Portanto, no caso específico do Brasil, as projeções climáticas provenientes dos modelos, demonstram variação do aquecimento por região, acompanhado por mudança na precipitação pluviométrica, além de mudanças na frequência e intensidade dos eventos extremos.

Aqui, indica-se o aumento de temperatura, até 2100, entre 1°C e 6°C, em referência à registrada no fim do século XX, com aumento gradativo. Além disso, as projeções apontam para diminuição significativa da ocorrência de chuvas em grande parte das regiões Central, Norte e Nordeste. Já em relação às regiões Sul e Sudeste, poderia haver um aumento na ocorrência de precipitações pluviométricas (PBMC, 2013).

---

8. O cenário A1B caracteriza um futuro de acelerado crescimento econômico no qual ocorrerá um equilíbrio atingido pela população mundial entre o consumo de combustíveis fósseis e não fósseis, enquanto o cenário A2 representa um mundo mais heterogêneo, apresentando ainda um consumo predominante de combustíveis fósseis, com elevados índices de crescimento populacional e menor crescimento econômico (SRES, 2010). O cenário A1B é considerado realista e o A2 é pessimista (Costa *et al.*, 2020). Trata-se de uma representação confiável de como se comportará o clima do planeta no futuro (Jones *et al.*, 2004).

## **Variáveis meteorológicas em cenários projetados de mudanças climáticas**

Em relação a mudança das variáveis meteorológicas projetadas para o Brasil, as autoras Hamada, Gonçalves e Ghini (2009) demonstraram possíveis alterações no comportamento da temperatura média (°C), temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C), precipitação (mm/dia), umidade relativa (%) e radiação solar (W/m<sup>2</sup>), em cenários futuros de mudanças climáticas.

As projeções consideradas nesse estudo foram de maior e menor emissões de gases de efeito estufa, centrados nas décadas 2020 (2010 a 2039), 2050 (2040 a 2069) e 2080 (2070 a 2099). A fim de diminuir as incertezas, foi utilizada a média de seis modelos climáticos (ECHAM4, HadCM3, CGCM2, CSIRO-Mk2, CCSR-NIES, GFDL-R30), do Terceiro Relatório (*Third Assessment Report – TAR*) do IPCC de 2001.

Os principais resultados encontrados indicam que, a partir das projeções, as temperaturas do ar média, mínima e máxima e radiação solar poderão aumentar, no entanto, os acréscimos não serão homogêneos para todo território brasileiro. Além disso, tais estimativas revelam diminuição da umidade relativa e da precipitação pluviométrica, observando um comportamento diversificado nas diversas regiões do país ao longo dos meses (Hamada; Gonçalves; Ghini, 2009).

## **As mudanças climáticas e os eventos extremos**

Os eventos extremos fazem parte da história do planeta, tais como chuvas e secas intensas, ondas de frio e de calor. A maioria destas anomalias não acontece de forma isolada (Dias, 2014).

Os eventos extremos têm uma relação importante com a vulnerabilidade da população. Quanto maior a vulnerabilidade, maiores os impactos desses eventos. O IPCC (2007; 2013) veio reportando que eventos climáticos extremos, como secas, enchentes, ondas de calor e de frio e tempestades têm ocorrido com maior frequência e intensidade nas últimas décadas, podendo estar relacionados às mudanças climáticas de origem antrópica em curso no planeta (Reboita *et al.*, 2018, p. 112).

Na América do Sul, eventos de seca na Amazônia foram registrados em 1997/1998, 2005 e 2010 (Marengo *et al.*, 2008; 2010) e no Sudeste do Brasil em 2001 e 2014 (Coelho *et al.*, 2015). Em 2004, a costa sul do país

foi afetada pelo primeiro furacão documentado no Oceano Atlântico Sul, o Catarina (McTaggart-Cowan *et al.*, 2006; Iwabe; Reboita; Camargo, 2011).

Com base nos dados de 2011 do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), o cenário de aumento de temperatura desencadearia intensidades elevadas de eventos climáticos extremos, bem como alterações nos padrões de precipitação, implicando em maiores casos de secas e enchentes. Além disso, estudos demonstram que a mudança climática pode desencadear, por exemplo, epidemias e pragas, além de ameaçar sistemas de transporte (Ipea, 2011). Os eventos extremos afetam diretamente a disponibilidade hídrica, o setor energético e a agricultura, dentre outras atividades humanas (Reboita *et al.*, 2018, p. 112). Fenômenos meteorológicos e climáticos com valores estatísticos atípicos, denominados como eventos extremos, produzem impactos significativos na sociedade e nos ecossistemas naturais (IPCC, 2012).

Como as mudanças no clima causam impactos e em praticamente todas as atividades humanas, é de grande interesse dos tomadores de decisão a informação sobre projeções climáticas (Reboita *et al.*, 2018, p. 112).

## **Considerações finais**

Os climas estão sempre se modificando, portanto, as mudanças climáticas constituem parte da história evolutiva da Terra. Além disso, não acontecem de maneira homogênea no planeta. No entanto, neste capítulo, ressaltamos que, mesmo fazendo parte da evolução, os climas vêm sofrendo alterações de forma mais rápida e intensa. Muitos trabalhos científicos e relatórios importantes apontam que isso se devem, principalmente, às ações antrópicas que passaram a emitir uma quantidade de gases de efeito estufa nunca antes registradas. Essas alertas, conforme demonstrado no resumo dos seis relatórios apresentados, vêm sendo dados de forma repetitiva, há pelo menos três décadas.

Dessa forma, mudanças nos padrões de variáveis meteorológicas e a maior frequência de eventos extremos evidenciam um cenário de transformações climáticas em curso. Projeções para o futuro indicam mudanças ainda mais intensas, com potenciais impactos em diversos setores. Nesse contexto, é essencial que a sociedade adote ações concretas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas.

A urgência por essas ações é clara: o que fizermos agora não trará resultados imediatos, mas pavimentará o caminho para o futuro, tornando-nos responsáveis pela qualidade ambiental que deixaremos para as próximas gerações.

## Referências

- ABBE, C. The physical basis of long-range weather forecasts. **Monthly Weather Review**, v. 29, n. 11, p. 551-561, 1901.
- ABRAM, Nerilie J. *et al.* Connections of climate change and variability to large and extreme forest fires in southeast Australia. **Communications Earth & Environment**, v. 2, n. 8, 2021.
- ADGER, W. Neil *et al.* Are there social limits to adaptation to climate change? **Climatic Change**, v. 93, n. 3-4, p. 335-354, 2009.
- AMBRIZZI, Tércio; ARAUJO, Moacyr (orgs.). **Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC)**. Base Científica das Mudanças Climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas. Rio de Janeiro: Coppe/Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.
- AMBRIZZI, Tércio *et al.* **Cenários regionalizados de clima no Brasil para o século XXI**: Projeções de clima usando três modelos regionais. Relatório 3. Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Biodiversidade e Florestas (SBF), Diretoria de Conservação da Biodiversidade (DCBio). Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade – Subprojeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília, fev. 2007.
- ASSIS, Mayara V.; MATTOS, Eduardo A. de. Vulnerabilidade da vegetação de campos de altitude às mudanças climáticas. **Oecologia Australis**, v. 20, n. 2, p. 24-36, 2016.
- BAUER, Peter; THORPE, Alan; BRUNET, Gilbert. The quiet revolution of numerical weather prediction. **Nature**, v. 525, p. 47-55, 2015.
- BERRY, Helen L.; BOWEN, Kathryn; KJELLSTROM, Tord. Climate change and mental health: a causal pathways framework. **International Journal of Public Health**, n. 55, p. 123-132, 2010.
- BJERKNES, V. Das Problem der Wettervorhersage, betrachtet vom Standpunkte der Mechanik und der Physik. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 21, p. 1-7, 1904.
- CAVALCANTI, Iracema F. A. *et al.* Global climatological features in a simulation using CPTEC/COLA AGCM. **J. Climate**, n. 15, p. 2965-2988, 2002.

CHOU, Sin Chan *et al.* Extended range forecasts over South America using the regional Eta Model. **J. Geophys. Res.**, n. 105(D8), p. 10147-10160, 2000. DOI: 10.1029/1999JD901137.

CLAYTON, Susan. Climate Change and Mental Health. **Current Environmental Health Reports**, n. 8, p. 1-6, 2021.

COELHO, Caio A. S. *et al.* The 2014 southeast Brazil austral summer drought: regional scale mechanisms and teleconnections. **Climate Dynamics**, v. 46, n. 11-12, p. 3737-3752, 2015.

COSTA, Rafaela Lisboa *et al.* Cenários de Mudanças Climáticas para a Região Nordeste do Brasil por meio da Técnica de Downscaling Estatístico. **Rev. bras. meteorol.**, São Paulo, v. 35, n. especial, p. 785-801, dec. 2020.

DIAS, Maria Assunção F. da S. Eventos Climáticos Extremos. **Revista USP**, n. 103, p. 33-40, 2014.

FREITAS, Saulo R.; LONGO, Karla M.; RODRIGUES, Luiz F. Numerical modeling of the atmosphere chemistry composition and of its impacts on weather, climate and air quality. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 2, p. 188-207, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862009000200008>.

GALATI, Eunice A. B. *et al.* Mudanças climáticas e saúde urbana. **Revista USP**, n. 107, p. 79-90, 2015.

GIORGI, Filippo. Climate Change Prediction. **Climatic Change**, n. 73, p. 239-265, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-005-6857-4>.

GIORGI, Filippo. Uncertainties in climate change projections, from the global to the regional scale. **EPJ Web of Conferences**, v. 9, p. 115-129, 2010.

GRIMM, Alice M.; DIAS, Pedro L. S. Analysis of tropical–extratropical interactions with influence functions of a barotropic model. **J. Atmos. Sci.**, n. 52, p. 3538-3555, 1995.

GRÜTER, Roman *et al.* Expected global suitability of coffee, cashew and avocado due to climate change. **PLoS ONE**, p. 1-24, 2022.

GUIMARÃES, Sullyandro O. Projeções de Mudanças Climáticas sobre o Nordeste Brasileiro dos Modelos do CMIP5 e do CORDEX. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 3, p. 337-365, 2016.

HAMADA, Emília; GONÇALVES, Renata Ribeiro do V.; GHINI, Raquel. Método de elaboração de mapas dos cenários climáticos para o Brasil. *In*: SIMPÓSIO BRASI-

LEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais [...]**. Natal: Inpe, 2009, p. 3891-3897.

IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>.

IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *In*: MASSON-DELMOTTE, Valérie *et al.* (eds.). **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **AR1 - Climate Change**: the 1990 and 1992 IPCC Assessments. Canadá: IPCC, 1992. Disponível em: <https://bit.ly/4gr6K5z>. Acesso em: fev. 2022.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **AR3 - Climate Change 2001**. Synthesis Report. IPCC Third Assessment Report. Cambridge: Cambridge University Press Cambridge, 2001. Disponível em: <https://bit.ly/4edrYSQ>. Acesso em: fev. 2022.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **AR4 - Synthesis Report**: An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Valência: IPCC, 2007.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **AR5 - Synthesis Report**: Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC, 2014.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **AR6 - Press Release**: Climate change widespread, rapid, and intensifying. Geneva, Suíça: IPCC, 2021.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 1995**: A report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 1995.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels IPCC**, 2018.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Climate change in Brazil**: economic, social and regulatory aspects. Brasília: Ipea, 2011.

IWABE, Clara Miho N.; REBOITA, Michelle S.; CAMARGO, Ricardo de. Estudo de caso de uma situação atmosférica entre 12 e 19 de setembro de 2008, com algumas características semelhantes ao evento Catarina. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 1, p. 67-84, 2011.

JONES, Richard G. *et al.* **Generating High Resolution Climate Change Scenarios Using PRECIS**. Exeter: Meteorological Office Hadley Centre, 2004.

LINDGREN, Elisabet *et al.* Monitoring EU Emerging Infectious Disease Risk Due to Climate Change. **Science**, v. 336, n. 6080, p. 418-419, 2012.

MARENGO, José A. Água e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 83-96, 2008.

MARENGO, José A. Mudanças climáticas globais e regionais: avaliação do clima atual do Brasil e projeções de cenários climáticos do futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 16, p. 1-18, 2001.

MARENGO, José A. *et al.* **Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Sumário técnico. Brasília: NMA, SBF, DCBio, 2007.

MARENGO, José A. *et al.* **Eventos extremos em cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Século XXI**: Projeções de clima futuro usando três modelos regionais. Relatório 5, Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Biodiversidade e Florestas (SBF), Diretoria de Conservação da Biodiversidade (DCBio). Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade – Subprojeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília, fev. 2007.

MARENGO, José A. *et al.* Future change of climate in South America in the late twenty-first century: intercomparison of scenarios from three regional climate models. **Climate Dynamics**, v. 35, n. 6, p. 1089-1113, 2010.

MARENGO, José A. *et al.* The drought of Amazonia in 2005. **Journal of Climate**, v. 21, p. 495-516, 2008.

MARENGO, José A. *et al.* The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. **Geophysical Research Letters**, v. 38, p. 1-5, 2011.

MASLIN, Mark; AUSTIN, Patrick. Climate models at their limit? **Nature**, n. 486, p. 183-184, 2012.

McTAGGART-COWAN, Ron *et al.* Analysis of Hurricane Catarina (2004). **Monthly Weather Review**, v. 134, p. 3029-3053, 2006.

MILLER, Clark A.; EDWARDS, Paul N. Representing the Global Atmosphere: Computer Models, Data and Knowledge about Climate Change. *In*: MILLER, Clark

A.; EDWARDS, Paul N. (eds.). **Changing the atmosphere: expert knowledge and environmental governance**. Cambridge: The MIT Press, 2001, p. 31-66.

OBSERVATÓRIO do Clima. **Resumo comentado do AR6**. Disponível em: <https://www.oc.eco.br/ipcc-ar6-wg1-resumo-comentado/>. Acesso em: set. 2020.

ORESKE, Naomi *et al.* Verification, Validation, and Confirmation of Numerical Models in the Earth Sciences. **Science**, v. 263, n. 5147, p. 641-646, 1994.

PAIXÃO, Michel Augusto S. da; MIRANDA, Sílvia Helena G. de. Um comparativo entre a política de energia renovável no Brasil e na China. **Pesquisa & Debate**, v. 29, n. 53, 2018.

PALMER, Tim N.; ANDERSON, David L. T. The prospects for seasonal forecasting - A review paper. **Quart. J. Roy. Meteor. Soc.**, n. 120, p. 755-793, 1994.

REBOITA, Michelle S. *et al.* Cenários de mudanças climáticas projetadas para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, edição especial, Dossiê Climatologia de Minas Gerais, p. 110-128, 2018.

REBOITA, Michelle S. *et al.* Climate projections for South America: RegCM3 driven by HadCM3 and ECHAM5. **Advances in Meteorology**, p. 1-17, 2014.

ROMANO, Giorgio. Segurança energética e mudanças climáticas na União Europeia. **Contexto Internacional**, v. 36, n. 1, p. 113-143, 2014.

SAMPAIO, Gilvan; DIAS, Pedro Leite da S. Evolução dos Modelos Climáticos e de Previsão de Tempo e Clima. **Revista USP**, n. 103, p. 41-54, 2014. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i103p41-54>.

SANTOS, Sérgio Rodrigo Q. dos *et al.* Frequências dos eventos extremos de seca e chuva na Amazônia utilizando diferentes bancos de dados de precipitação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 2, p. 468-478, 2017.

SILVA, Drielly Á. China: crescimento econômico x crescimento responsável. **Portal De Trabalhos Acadêmicos**, v. 3, n. 2, 2022.

SINGH, Chandni *et al.* The utility of weather and climate information for adaptation decision-making: current uses and future prospects in Africa and India. **Climate and Development**, v. 10, n. 5, p. 390-405, 2018.

SOUTO, Claudilene A.; FREITAS, Ana Carolina V.; MARTINS, Guilherme. Influência das Condições Meteorológicas Atuais e Futuras na Ocorrência de Queimadas

e Incêndios Florestais no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 5, p. 2755-2770, 2021.

SRES. **Emissions Scenarios**: A Special Report of IPCC Working Group III. Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2010.

STEINKE, Ercília T. **Climatologia Fácil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

STERN, Nicholas. **Stern Review**. The Economics of Climate Change, 2006.

UNFCCC. **United Nations Framework Convention on Climate Change**. Nova York: United Nations, General Assembly, 1992.

VASCONCELOS, Sumaia Saldanha de *et al.* Forest fires in southwestern Brazilian Amazonia: Estimates of area and potential carbon emissions. **Forest Ecology and Management**, v. 291, p. 199-208, 2013.

VENGHAUS, Sandra; HENSELEIT, Meike; BELKA, Maria. The impact of climate change awareness on behavioral changes in Germany: changing minds or changing behavior? **Energy, Sustainability and Society**, v. 12, n. 1, p. 1-11, 2022.

VERA, Carolina *et al.* Toward a unified view of the American monsoon systems. **Journal of Climate**, v. 19, n. 20, p. 4977-5000, 2006.

WAGNER, Sigrun *et al.* Impact of climate change on the production of coffee arabica at Mt. Kilimanjaro, Tanzania. **Agriculture (Switzerland)**, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2021.

ZEZZO, Larissa V. *et al.* Doenças infecciosas no contexto das mudanças climáticas e da vulnerabilidade socioambiental. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 28, jun. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rbclima.v28i0.75500>.

## CAPÍTULO 5

# **RISCOS AMBIENTAIS E PRODUÇÃO DO ESPAÇO GEOGRÁFICO NO CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

*Rafael Vinicius de São José*

*Sandra Freitas Santos*

*Priscila Pereira Coltri*

*Aline Pascoalino*

*Roberto Greco*

Neste capítulo, veremos que a questão ambiental é um debate imprescindível na sociedade contemporânea. O modo de produção capitalista, ao longo da modernidade, produziu um espaço geográfico contraditório e desigual, baseado na extração de valor de uso e valor de troca, na concepção de natureza enquanto recurso e meio para o desenvolvimento das necessidades socioeconômicas. Veremos também que há uma complexa relação entre sociedade e natureza, que pode ser percebida nos impactos socioambientais que acontecem nas mais diversas escalas, assolando os centros urbanos e zonas rurais. Desse modo, o movimento de ordem e (des)ordem provocado pelo desenvolvimento do sistema capitalista, influência direta e indiretamente na expansão de áreas de risco e no incremento da vulnerabilidade socioambiental.

### **A produção do espaço: bases para o entendimento da produção capitalista da natureza**

Henri Lefebvre (2006) insere o debate sobre a Produção do Espaço apresentando o conceito como possibilidade interpretativa do espaço geográfico (objeto da Ciência Geográfica) como dimensão abstrata capaz de abarcar um conjunto de relações culturais, econômicas, sociais e políticas. Desse modo, o espaço geográfico é produto social, resultado das ações dos agentes sociais: meios de produção, proprietários fundiários, promotores imobiliários, Estado e grupos sociais excluídos (Correa, 2017, p. 44). Assim, no contexto do sistema capitalista, a análise da produção do espaço possibilita interpre-

tar a realidade, que é caracterizada por contradições estruturantes, resultado duma complexa relação entre sociedade e natureza.

O entendimento disso não está separado do modo como o homem, socialmente formado, a compreende e a transforma. Na mídia, muitas vezes, esse debate fica restrito as consequências das ações socioeconômicas, políticas e culturais que compõem o sistema capitalista, deixando, para segundo plano, a possibilidade de refletir sobre o movimento que produz o distanciamento do homem para com a natureza.

Gonçalves (2006) traz algumas reflexões importantes que nos permitem iniciar a discussão, partindo do entendimento de que o conceito de natureza é uma construção humana, concebida de modo particular em cada cultura e sociedade. Assim, conforme o pensamento ocidental ultrapassou as fronteiras da Europa, no Renascimento, trouxe também um projeto civilizatório para os trópicos, provocando mudança na concepção local de natureza, bem como, no modo como é produzido o espaço geográfico. Desse modo, Moraes (2005, p. 16) explica que:

esta produção social do espaço material, esta valorização objetiva da superfície da Terra, esta agregação de trabalho ao solo, passa inapelavelmente pelas representações que os homens estabelecem acerca do seu espaço. Não há humanização do planeta sem uma apropriação intelectual dos lugares, sem uma elaboração mental dos dados da paisagem, enfim sem uma valorização subjetiva do espaço. As formas espaciais são produto de intervenções teleológicas, materializações de projetos elaborados por sujeitos históricos e sociais. Por trás dos padrões espaciais, das formas criadas, dos usos do solo, das repartições e distribuições, dos arranjos locais, estão concepções, valores, interesses, mentalidades, visões de mundo. Enfim, todo o complexo universo da cultura, da política e das ideologias.

Assim, a visão construída e o modo como nos relacionamos socialmente com a natureza estão atrelados ao fato de o ser humano também ter sua natureza interna transformada. Sob essa perspectiva, Moraes e Costa (1984, p. 74-75) explicam que através do trabalho humano (processo em que participam o homem e a natureza), a força de ação do homem é posta como o movimento que operacionaliza a apropriação dos recursos naturais, modificando-os, com a finalidade de atender as necessidades da vida capitalista. Portanto, esse processo de modificação externo acaba refletindo no interno, isto é, “se humaniza ao antropomorfizar a natureza ambiente”.

Esse processo de humanização constitui em tornar o homem um ser social que tem sua identidade atrelada ao modo de produção vigente.

Nesta perspectiva, Gonçalves (2006) contribui com o debate ao ressaltar que na esfera do pensamento ocidental, a separação entre sociedade-natureza é uma característica presente desde Platão e Aristóteles, que no contexto de suas produções filosóficas centram suas reflexões no homem e em suas ideias, enquanto os aspectos físicos do ambiente são tratados com certo desinteresse. Posteriormente, essa perspectiva é reafirmada com a chegada do Cristianismo, que designa ao homem a responsabilidade de cuidar e dominar a natureza que, portanto, aumenta o distanciamento entre sociedade e natureza. Esta, enquanto organismo, passa a ser, na Idade Média, campo investigativo nos espaços de mosteiros e universidades católicas. A busca por desvelar os mistérios da fé através da sua análise aproximou o discurso religioso do conhecimento baseado na experiência.

Sendo assim, a aproximação de uma visão mecânica do mundo, aos poucos, tornou-se uma realidade no meio da intelectualidade europeia, que viu o diálogo entre fé e razão voltarem-se para caminhos antagônicos. A natureza, portanto, passou a ser vista como um componente externo, cada vez mais próxima de ser compreendida enquanto recurso (Gonçalves, 2006). Neil Smith (1988) ressalta o papel de Francis Bacon (1561-1626), ao disseminar a concepção de domínio da natureza para fins exploratórios. Assim, conforme o caminho do progresso e da civilização aconteceram, a ideia de uma natureza primitiva e selvagem foi sendo substituída pela concepção de um outro tipo. Perspectiva essa consolidada no século XIX, quando as bases iluministas fomentaram um novo sistema de relações, cada vez mais pragmático, científico e técnico (Gonçalves, 2006).

As formas de organização social do sistema capitalista produzem espaços desiguais e combinados; munidos de intencionalidade e finalidade, estruturados em classes sociais que, hierarquicamente, condicionam a dinâmica social e controlam, junto com o poder político (o Estado), o domínio do protagonismo na produção social do espaço (Barrios, 1986). Desse modo, percebe-se que o espaço físico (natural) está aprisionado as restrições impostas pela lógica capitalista de produção que, mesmo com os avanços e mobilizações que visam o confronto com essa postura histórica de apropriação da natureza, ainda se encontra resistências, sobretudo econômicas e políticas, para romper com essa estrutura (Smith, 1988). Então,

mesmo um cenário socioambiental mais favorável, ao nosso ver, continuará a apresentar certo conflito de ordem ambiental.

A chave desse embate está na busca constante pela transformação e extração de valor da natureza pela sociedade. Conforme Smith (2007), a produção universal da natureza faz parte da estrutura da sociedade capitalista desde o início da implementação deste modo de produção. Portanto, com o advento da Ciência, o aperfeiçoamento técnico e tecnológico ofertado pelo desenvolvimento desta racionalidade, acentuou-se o processo de dominação e modificação do natural (Barrios, 1986), o que no decorrer do desenvolvimento deste campo do saber notabilizou-se a influência do projeto político e econômico modernista, voltado para o crescimento da circulação econômica. Assim, apesar de termos claros, que mesmo com todo o desenvolvimento técnico, o homem não detém do controle absoluto da natureza, na medida em que esta, responde às transformações inseridas com eventos muitas das vezes severos, embora em escala de tempo diferente, logo suas forças produtivas terão sempre limitações e consequências que podem ser vistas nas ocorrências de eventos extremos e nos impactos sociais que, de tempos em tempos, provocam reflexões sobre a lógica de produção social do espaço.

Desse modo, conforme o Capitalismo moderniza a apropriação da natureza, também se sofisticava. Neil Smith (2007), no artigo “Nature as accumulation strategy”, coloca em debate o aperfeiçoamento da mercantilização da natureza como estratégia de lucro, tendo em vista, o cenário de financeirização que o sistema se encontra na contemporaneidade, que possibilita a extração máxima dos componentes naturais. Tradicionalmente, a extração de valor de uso dar-se-á pela transformação da matéria prima em mercadoria, a exemplo: minério de ferro para a produção de aço, madeira para mesas, grãos para pão, bem como, a metamorfose das formas da natureza, tais como: a colonização do solo para o cultivo agrícola, a artificialização dos rios para a construção de córregos de dejetos de resíduos sólidos e líquidos, extração de água dos mananciais para irrigação, retirada ou aplanamento das estruturas geomorfológicas para a construção de cidades e zonas urbanas, até intervenções mais modernas que estão voltadas para a criação do mercado de crédito de áreas úmidas, momento em que é possível encontrar um discurso ecológico que versa pela exploração responsável da natureza (Smith, 2007).

Nesta perspectiva, é possível perceber que a produção social do meio ambiente se tornou uma condição sistêmica da existência do sistema capitalista, seja na singularidade do lugar ou nas instâncias globais (Smith,

2007). No entanto, o preço da riqueza traz consigo a derivação negativa da produção capitalista da natureza: poluição do ar, água, solos e alimentos, armamento nuclear, aquecimento global, pobreza, fome, vulnerabilidade socioeconômica, riscos e desastres sociais. São resultados da realidade capitalista de produção do espaço e da natureza, tendo em vista, o consumo e produção intensa, mesmo com os avanços das leis e debates ambientais.

As práticas humanas, as necessidades criadas e intencionalidades econômicas, políticas e culturais produzidas, ao longo da história, evidenciam a necessidade de uma consciência ambiental que reflita sobre o modo com o homem socialmente deriva o espaço geográfico e conseqüentemente, se relaciona com a natureza. Monteiro (2001, p. 219) traz tal questionamento para o campo da Ciência Geográfica ao constatar que no contexto brasileiro é um

grande desafio buscar conter a deterioração da natureza para a construção de um ambiente de boa qualidade. Tendo claro, as condições geopolíticas que inserem o Brasil na condição econômica de periférico e dependente dos países centrais.

Portanto, a forma como o espaço geográfico é organizado, produzido, ordenado, planejado, habitado e usado, repercute as contradições do modo de produção e do cotidiano da sociedade, expressando, por consequência, os mais variados níveis de vulnerabilidade (Sant'anna Neto, 2008). Existem diferentes significados para o termo vulnerabilidade, que serão discutidos mais profundamente ainda neste capítulo.

No contexto de produção do espaço geográfico e sua relação com as vulnerabilidades, o clima se faz presente com um papel muito importante. As condições climáticas de um determinado local influenciam suas atividades socioeconômicas predominantes, bem como a relação dos seres humanos com o espaço e a paisagem. Levando em consideração os padrões climáticos habituais, o território apresenta diferentes níveis de vulnerabilidade que dependem da forma como aquele lugar se constituiu (Sant'Anna Neto; Amorim; Silva, 2016; Nascimento Júnior, 2016). Portanto, existem diferentes tipos de riscos associados às localidades, além da suscetibilidade às condições climáticas.

Convencionalmente, o risco é expresso pela relação entre a vulnerabilidade com os processos potencialmente perigosos (Souza; Lourenço, 2015). Há também um importante entendimento de que, em muitos casos, os efeitos ocasionados pelos eventos extremos estão mais associados à vulnerabilidade social da população local do que à efetiva severidade destes

fenômenos naturais. De acordo com autores clássicos da Geografia, como Sant'Anna Neto (2008), Santos (2002) e Monteiro (1971; 1991), as anomalias climáticas (eventos extremos), não derivam apenas da intensidade, velocidade, frequência e ocorrência no contexto espaço-tempo, mas são produtos da produção do espaço geográfico.

Com base nas contribuições de Sant'Anna Neto (2008), Monteiro (1971; 1991), Sant'Anna Neto, Amorim e Silva (2016) e Nascimento Júnior (2016), pode-se também entender que os diversos riscos climáticos que ameaçam diferentes regiões do planeta são, também, função da vulnerabilidade da população que ocupa áreas suscetíveis às mudanças climáticas.

### **Os conceitos de risco, vulnerabilidade, resiliência e adaptação no contexto das mudanças climáticas**

Como vimos no Capítulo 2, a partir da Revolução Industrial, observa-se que a escala e a intensidade das mudanças ocasionadas no ambiente, pela ação dos seres humanos, alcançaram níveis preocupantes com relação às condições de sua irreversibilidade (Biermann *et al.*, 2012; Costanza *et al.*, 2007). Uma inquietação que vem sendo discutida no meio científico é a amplitude dos impactos da ação humana sobre a natureza e o risco que estas transformações podem configurar em diferentes escalas de tempo (Kirsch; Schneider, 2016).

Segundo Beg *et al.* (2002), alguns estudiosos compreendem que, provavelmente, as repercussões mais severas desse movimento de mudanças ambiental, com ênfase nos aspectos climáticos, ocorrerão nos países em desenvolvimento. A população mais vulnerável e desprovida de infraestrutura social, política e econômica, será aquela mais atingida. Na América do Sul (AS), em especial, percebe-se que, nas últimas décadas, grandes transformações como a transferência da população para as cidades em velocidade desproporcional aos serviços de infraestrutura, impactaram profundamente o ambiente e resultaram no aumento de desastres naturais (Nunes, 2015). Ainda de acordo com Nunes (2015), a AS é um ambiente em rápida alteração com alocação de parcela significativa das pessoas em locais de risco. Assim, as mudanças nos padrões climáticos locais acabam por constituir um fator a mais para que as calamidades alcancem dimensões cada vez maiores, comprometendo os espaços físicos, a vivência das pessoas e a integridade de partes crescentes da população.

Segundo Kirsch e Schneider (2016), com base no cenário apresentado no quinto relatório do Intergovernmental Panel on Climate Change,

são esperadas temperaturas extremas em maior frequência sobre a maioria das áreas de terra em escalas de tempo diárias e sazonais, e é muito provável que ondas de calor irão ocorrer com maior frequência e duração em alguns locais, enquanto ocasionais frios extremos no inverno continuarão a ocorrer em outros (Kirsch; Schneider, 2016, p. 4).

Além disso, segundo Alexander *et al.* (2013), o relatório em questão ainda alerta para o aumento da acidificação dos oceanos, o que é uma ameaça evidente à biodiversidade marinha, para a interrupção do ciclo global da água, bem como para a disponibilidade de água doce em um número cada vez maior de localidades, em função das mudanças nos padrões de precipitação.

Esses acontecimentos não podem ser compreendidos de forma isolada, uma vez que se entende que os efeitos decorrentes das mudanças climáticas assumem maiores proporções nas camadas da população menos favorecidas. Além disso, as mudanças climáticas, também acentuam as desigualdades existentes entre os pobres e ricos, ou entre o centro e a periferia (Beck, 2010).

Assim, no contexto das mudanças ambientais globais, e, em particular, das mudanças climáticas (Pascoalino; Marandola Jr., 2021), a discussão de temas como vulnerabilidade e risco é fundamental, tendo em vista a alta exposição dos países em desenvolvimento aos seus riscos (Hewitson *et al.*, 2014), bem como a construção de uma gestão proativa dos riscos ambientais. Sendo assim,

os conceitos de risco, vulnerabilidade, resiliência e adaptação têm sido amplamente utilizados, tanto para a compreensão de fenômenos sociais relacionados às mudanças globais, como na implementação de políticas públicas (Marques; Santos, 2021, p. 4).

Observa-se que estes conceitos têm adquirido maior relevância e visibilidade no contexto das mudanças climáticas em relação à exposição e a adaptação face aos eventos extremos (Iwama *et al.*, 2016).

As mudanças climáticas contribuem para o surgimento de novos riscos. Em razão disso, tornam-se um dos maiores desafios, em nível mundial, para o século XXI (McBean, 2004). Além disso, surgem como a principal discussão relacionada ao meio ambiente em todas as ciências (Ojima;

Mandarola Jr., 2013). Para Oscar Júnior e Nunes (2021), as mudanças climáticas, os riscos associados a elas e as estratégias de adaptação constituem um dos assuntos de maior apelo da atualidade.

Os temas relacionados a risco, vulnerabilidade e adaptação são abordados por extensa literatura ao menos desde a década de 1940, com o desenvolvimento de um campo de pesquisas amplamente multidisciplinar, aplicado à ocupação humana em áreas de risco (White, 1945; White; Hass, 1975). Apesar de tais termos serem comuns na literatura científica e no senso comum, eles apresentam significativas incongruências conceituais, às vezes, tornando-os fragmentados, contraditórios e sem precisão (Zanella; Olímpio, 2014).

O risco, por exemplo, é objeto de estudo de distintos ramos do conhecimento, os quais, por sua vez, produzem reflexões, métodos próprios e diferenças entre si, alguns se dedicam aos seus aspectos mais práticos, outros aos mais teóricos (Marandola Jr.; Hogan, 2004). No campo do conhecimento geográfico, os estudos dos riscos assumem relevância singular, uma vez que

uma das principais dimensões dos riscos, e de interesse das sociedades, é sua expressão espacial, ou seja, os riscos são espacial e temporalmente datados, o que os torna um dos temas de maior interesse da geografia atual (Mendonça, 2017, p. 114).

Segundo Mendonça, isto significa dizer que não se trata de abordá-los em uma perspectiva somente natural ou social, mas de buscar demonstrar sua expressão geográfica por meio da interligação dos diferentes elementos componentes do espaço geográfico.

O risco é excepcionalmente variável e possui uma dinâmica própria, cuja variação é decorrente dos elementos naturais e sociais envolvidos no processo (Marcelino, 2008). O risco existe quando há duas condições pre-existentes, a saber, uma população socialmente vulnerável e a

acomodação dessa população sobre ou em proximidades de áreas consideradas frágeis no aspecto físico, designadamente no climático. [...] Risco é utilizado pelos geógrafos como uma situação futura que traz incerteza e a insegurança e que pode ser calculada através da probabilidade como mecanismo de funcionamento e previsão (Souza; Lourenço, 2015, p. 33-34).

Depreende-se, portanto, que

a noção de risco é empregada em uma situação de futuro incerto e de probabilidade de que um evento danoso atue sobre uma população e seus bens materiais e imateriais reconhecidamente vulnerável, causando danos e prejuízos (Zanella; Olímpio, 2014, p. 117).

Os autores ainda acrescentam que os riscos apenas ocorrem na presença simultânea de um fenômeno perigoso e de uma condição de vulnerabilidade.

Diferentes pesquisadores ressaltam que para análise de risco, a vulnerabilidade é um fator imprescindível, uma vez que ambos estão diretamente relacionados (Cunha, 2013). A vulnerabilidade apresenta distintos significados ou conceitos (Adger, 2006; O'Brien *et al.*, 2013) e é absolutamente criada pelas sociedades (Rebelo, 2008), traduzindo as condições objetivas e subjetivas que produzem ou aumentam a predisposição de grupos a serem afetados por um perigo ambiental (Sousa; Zanella, 2009).

É comum na literatura o conceito de vulnerabilidade ser abordado em conjunto com os conceitos de adaptação e resiliência, embora a associação entre eles seja de natureza complexa. No entanto, esta relação depende da definição conceitual, da tradição de estudos e da disciplina adotada. Diversos estudiosos, tais como Adger (2000), Gaillard (2007), Klein, Nicholls e Thomalla (2003), Smit e Wandel (2006) discutem a relação entre os conceitos de vulnerabilidade, adaptação e resiliência, demonstrando, segundo Marques e Santos (2021), que entre eles existem elementos comuns, complementares e inter-relacionados.

Nessa lógica, na visão de Moser e Ekstrom (2010) e Adger (2006), a vulnerabilidade é entendida pela capacidade de responder aos riscos. A resiliência, por sua vez, é compreendida pelo constante aprendizado e aprimoramento de condições que constituem a adaptação e promovem incrementos ao bem-estar (Cutter; Barnes; Berry, 2008). A adaptação refere-se a intervenções deliberadas na estrutura de funcionamento dos sistemas para que seja possível estabelecer uma condição de absorver e se recuperar do colapso (Oscar Júnior; Nunes, 2021, p. 495), ou seja, pode ser vista como o processo de mudanças que possibilita a redução das consequências negativas, por meio de estratégias que perpassam a construção da resiliência, a diminuição da vulnerabilidade e a construção da capacidade em ação, bem como do potencial da capacidade adaptativa (Marques; Santos, 2021).

Para Hogan e Marandola Jr. (2012), e com base no IPCC (2007), a adaptação pode ser caracterizada pelo processo multidimensional relacionado ao risco e às suas incertezas, em que existe a transformação dos

sistemas visando ao restabelecimento de certo equilíbrio, como respostas aos perigos vigentes ou esperados.

No contexto do debate sobre mudança climática, a finalidade da adaptação, muitas vezes, é de diminuir a vulnerabilidade e/ou aumentar a resiliência à mudança climática e a variabilidade climática (Smit; Pilifosova, 2001), “de maneira a evitar o colapso do sistema, ou para reorganizá-lo a fim de recuperá-lo do estresse que causou colapso” (Oscar Júnior; Nunes, 2021, p. 495). O IPCC (2008, p. 869) define adaptação à mudança do clima como o

processo de ajuste dos sistemas natural ou humano em resposta ao estímulo do clima atual ou futuro e seus efeitos, com moderados prejuízos ou oportunidades benéficas de exploração.

Com base na discussão teórica apresentada, depreende-se que a compreensão destes conceitos e das suas distintas perspectivas e abordagens podem gerar contribuições relevantes para a caracterização do risco e a sua intensidade e identificação da vulnerabilidade social, permitindo, assim, traçar estratégias de adaptação aos fenômenos naturais, bem como para o monitoramento dos riscos ambientais e prevenção de desastres sociais, especialmente no contexto das mudanças climáticas.

## Referências

ADGER, W. Neil. Social and ecological resilience: are they related? **Progress in Human Geography**, v. 24, n. 3, p. 347-364, set. 2000.

ADGER, W. Neil. Vulnerability. **Global Environmental Change**, v. 16, n. 3, p. 268-281, 2006.

ALEXANDER, Lisa *et al.* **Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report Climate Change 2013: The Physical Science – Basis Summary for Policymakers**. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.

BARRIOS, Sonia. A produção do espaço. *In*: SOUZA, Maria Adélia de; SANTOS, Milton. **A construção do espaço**. São Paulo: Coleção Espaços, 1986.

BECK, Ulrich. Climate for Change, or How to Create a Green Modernity? **Theory, Culture & Society**, v. 27, n. 2-3, p. 254-266, 2010.

BEG, Noreen *et al.* Linkages between climate change and sustainable development. **Climate Policy**, n. 2, p. 129-144, 2002.

BIERMANN, Frank *et al.* Navigating the anthropocene: improving earth system governance. **Science**, v. 335, n. 6074, p. 1306-1307, 2012.

BOSI, Alfredo. **Dialética da colonização**. São Paulo: Companhia das Letras, 1992.

CORRÊA, Roberto Lobato. Sobre agentes sociais, escala e produção do espaço: um texto para discussão. *In*: CARLOS, Ana Fani *et al.* **A produção do espaço urbano: agentes e processos, escalas e desafios**. São Paulo: Contexto, 2017, p. 41-51.

COSTANZA, Robert *et al.* Sustainability or collapse: what can we learn from integrating the history of humans and the rest of nature? **Ambio**, v. 36, n. 7, p. 522-527, 2007.

CUNHA, Lúcio. Vulnerabilidade: a face menos visível do estudo dos riscos naturais. *In*: LOURENÇO, Luciano; MATEUS, Maria. **Riscos naturais, antrópicos e mistos**. Homenagem ao Professor Fernando Rebelo. Coimbra, 2013, p. 153-165.

CUTTER, Susan; BARNES, Lindsey R.; BERRY, Melissa. A placebased model for understanding community resilience to natural disasters. **Global Environmental Change**, v. 18, n. 4, p. 598-606, set. 2008.

GAILLARD, Jean-Christophe. Vulnerability, capacity and resilience: perspectives for climate and development policy. **Journal of International Development**, v. 22, p. 218-232, fev. 2007.

GONÇALVES, Carlos Walter Porto. **Os (des)caminhos do meio ambiente**. São Paulo: Ed. Contexto, 2006.

HEWITSON, Bruce C. *et al.* Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. *In*: BARROS, Vicente R. *et al.* (eds.). **Part B: Regional Aspects: Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change**. Nova York: Cambridge University Press, 2014, p. 1133-1197.

HOGAN, Daniel J.; MARANDOLA JR., Eduardo. Bringing a population-environment perspective to hazards research. **Population and Environment**, v. 34, n. 1, p. 3-21, 2012.

HOLANDA, Sérgio Buarque de. **Visão do Paraíso: os motivos edênicos no descobrimento e colonização do Brasil**. São Paulo: Brasiliense, 1977.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Appendix I. Glossary. *In*: CANZIANI, Osvaldo *et al.* (eds.). **Contribution of working group II to the fourth as-**

**essment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change and Water.** Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC, 2008.

IWAMA, Allan Yu *et al.* Risco, vulnerabilidade e adaptação às mudanças climáticas: uma abordagem interdisciplinar. **Ambient. soc.**, v. 19, n. 2, 2016.

KIRSCH, Heitor M.; SCHNEIDER, Sergio. Vulnerabilidade social às mudanças climáticas em contextos rurais. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 31, n. 91, 2016.

KLEIN, Richard J. T.; NICHOLLS, Robert J.; THOMALLA, Frank. Resilience to Natural Hazards: How Useful Is This Concept? **Environmental Hazards**, v. 5, p. 35-45, fev. 2003.

LEFEBVRE, Henri. **A produção do espaço.** Tradução de Doralice Barros Pereira e Sérgio Martins. fev. 2006 (do original: La production de l'espace. 4. ed. Paris: Éditions Anthropos, 2000).

MARANDOLA JR., Eduardo; HOGAN, Daniel J. Natural Hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. **Revista Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 7, n. 2, 2004.

MARCELINO, Emerson V. **Desastres Naturais e Geotecnologias:** Conceitos Básicos. São José dos Campos: Instituto de Pesquisas Espaciais (Inpe), 2008.

MARQUES, César; SANTOS, Francine M. dos. Riscos e adaptação às mudanças ambientais: os casos de Santos e Ilha Comprida (SP). **Idéias**, Campinas, v. 12, p. 1-27, 2021.

McBEAN, Gordon. Climate change and extreme weather: a basis for action. **Natural Hazards**, Springer Netherlands, v. 31, n. 1, p. 177-190, 2004.

MENDONÇA, Francisco. Riscos, vulnerabilidades e resiliências socioambientais urbanas: inovações na análise geográfica. **Revista da Anpege**, v. 7, n. 01, p. 111-118, 2017.

MONTEIRO, Carlos A. F. **Análise rítmica em Climatologia.** São Paulo: USP/IG, 1971.

MONTEIRO, Carlos A. F. **Clima e excepcionalismo:** conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: Editora da UFSC, 1991.

MONTEIRO, Carlos A. F. Derivações Antropogênicas dos Geossistemas terrestres no Brasil e alterações climáticas. Perspectivas urbanas e agrárias ao problema da elabo-

ração de modelos de avaliação. **Revista RA'EGA**. Espaço geográfico em análise, v. 5, 2001. Disponível em: <https://bit.ly/3zukqfg>. Acesso em: 19 fev. 2023.

MORAES, Antonio Carlos Robert. **Bases da formação territorial do Brasil**: o território colonial brasileiro no longo século XVI. São Paulo: Annablume, 2011.

MORAES, Antonio Carlos Robert. **Ideologias Geográficas**: Espaço, Cultura e Política no Brasil. São Paulo: Annablume, 2005.

MORAES, Antonio Carlos Robert; COSTA, Wanderley Messias da. **Geografia Crítica**: a valorização do Espaço. São Paulo: Editora Hucitec, 1984.

MOSER, Susanne C.; EKSTROM, Julia A. A framework to diagnose barriers to climate change adaptation. **Proceedings of the National Academy of Sciences – PNAS**, v. 107, n. 51, p. 22026-22031, 2010.

NASCIMENTO JÚNIOR, Lindberg. Dinâmica pluviométrica e impactos das chuvas no Estado do Paraná: a natureza dos eventos extremos. *In*: SANT'ANNA NETO, João L.; AMORIM, Margarete C. de C. Trindade; SILVA, Charlei A. da. **Clima e Gestão do Território**. Jundiaí: Paco Editorial, 2016.

NUNES, Lucí H. **Urbanização e desastres naturais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

O'BRIEN, Karen L. *et al.* Why different interpretations of vulnerability matter in climate change discourses. **Climate Policy**, v. 7, n. 1, p. 73-88, 2013.

OJIMA, Ricardo; MARANDOLA JR., Eduardo. **Mudanças climáticas e as cidades**: novos e antigos debates na busca da sustentabilidade urbana e social. São Paulo: Blucher, 2013.

OSCAR JÚNIOR, Antonio C.; NUNES, Lucí H. Desafios da governança territorial à mudança climática: a capacidade adaptativa na região metropolitana do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 29, p. 492-523, 2021.

PASCOALINO, Aline; MARANDOLA JR., Eduardo. A Vulnerabilidade na Cidade e as Escalas do Clima Urbano: o Potencial das Unidades Climáticas para o Planejamento. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 5, p. 2711-2726, 2021.

REBELO, Fernando. Um novo olhar sobre os riscos? O exemplo das cheias rápidas (Flash Floods) em domínio mediterrâneo. **Revista Territorium**, v. 15, p. 7-14, 2008.

ROSSINI-PENTEADO, Denise; FERREIRA, Claudio J. Mapeamento da vulnerabilidade para análise de riscos associados a processos geodinâmicos. *In*: FREITAS, Maria Isabel C. de; LOMBARDO, Magda A.; ZACHARIAS, Andréa A. **Vulnera-**

**bilidades e riscos:** reflexões e aplicações na análise do território. Rio Claro: Unesp-IGCE-Ceapla, 2015.

SANT'ANNA NETO, João L. Da climatologia geográfica a geografia do clima: Gênese, paradigmas e aplicação do clima como fenômeno geográfico. **Anpege**, v. 4, p. 61-88, 2008.

SANT'ANNA NETO, João L.; AMORIM, Margarete C. de T.; SILVA, Charlei A. da. **Clima e Gestão do território**. Jundiaí: Paco Editorial, 2016.

SANTOS, Milton. **A Natureza do Espaço:** Técnica e tempo, razão e emoção. 3. ed. São Paulo: Edusp, 2002.

SMIT, Barry; PILIFOSOVA, Olga. Adaptation to climate change in the context of sustainable development and equity. *In:* McCARTHY, James J. *et al.* (eds.). **Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001, p. 877-912.

SMIT, Barry; WANDEL, Johanna. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. **Global Environmental Change**, v. 16, n. 3, p. 282-292, 2006.

SMITH, Neil. **Desenvolvimento Desigual:** Natureza, Capital e a Produção do Espaço. Tradução de Eduardo de Almeida Navarro. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1988.

SMITH, Neil. Nature as accumulation strategy. **Socialist Register**, 2007. Disponível em: <https://bit.ly/3XChDIV>. Acesso em: 19 fev. 2023.

SOUSA, Lucas Barbosa; ZANELLA, Maria Elisa. **Percepções de riscos Ambientais:** teorias e aplicações. Fortaleza: Edições UFC, 2009.

SOUZA, Kátia Regina G.; LOURENÇO, Luciano. A evolução do conceito de risco à luz das ciências naturais e sociais. **Revista Territorium**, n. 22, p. 31-44, 2015.

WHITE, Gilbert F. Human Adjustment to Floods. **Research Paper n° 29**, Department of Geography. Chicago: The University of Chicago, 1945.

WHITE, Gilbert F.; HASS, J. Eugene. **Assessment of Research on Natural Hazards**. Cambridge: MIT Press, 1975.

ZANELLA, Maria Elisa; OLÍMPIO, João Luís S. Impactos pluviiais, risco e vulnerabilidades em Fortaleza-CE. *In:* MENDONÇA, Francisco. **Riscos climáticos:** vulnerabilidades e resiliência associados. Jundiaí: Paco Editorial, 2014.

## CAPÍTULO 6

# **CIDADANIA CLIMÁTICA: A EDUCAÇÃO EM MUDANÇAS CLIMÁTICAS COMO INSTRUMENTO PARA EFETIVAÇÃO DE DIREITOS HUMANOS EM SALA DE AULA**

*Maria Carolina Ramos*

Neste capítulo, a autora busca mostrar que o direito ao clima equilibrado é fundamental à pessoa humana, reconhecendo o caráter vital do equilíbrio climático para o desenvolvimento em níveis compatíveis com sua dignidade, o que lhe é inerente. Ademais o papel da educação é fundamental nesse processo de divulgação e conscientização sobre as mudanças climáticas, pois é através dela que podemos formar indivíduos capacitados para enfrentar esse desafio.

### **Introdução**

As mudanças climáticas têm sido objeto de preocupação de cientistas e governantes em grande parte do mundo, devido a incidentes climáticos relevantes, como inundações e outros desastres, em diferentes partes do planeta, o que evidencia as desigualdades econômicas e sociais existentes. Os desafios apresentados pelas mudanças do clima e seus efeitos impactam no âmbito da cidadania, pois as alternativas para mitigar essas consequências negativas buscam novas formas de diálogo, divulgação da informação, educação e a democratização nas tomadas de decisões. Neste sentido, a cidadania climática traduz-se num direito/dever, através do qual o cidadão deve exercer um papel ativo no cumprimento do objetivo comum do combate às alterações climáticas, de forma a garantir ao indivíduo e à comunidade o bem-estar ambiental, ou seja, o exercício de uma vida saudável com qualidade, pois esta é uma condição indispensável ao pleno desenvolvimento de todas as pessoas.

Para garantir que a vida humana seja vivida em níveis dignos, é crucial reconhecer a importância de um ambiente climático de qualidade mínima. Sem isso, a dignidade estaria sendo fundamentalmente comprometida.

Desde o primeiro relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), em 1990, a sociedade tem sido alertada sobre os problemas socioambientais decorrentes das mudanças climáticas. A cada novo relatório divulgado pela organização, os alertas se tornam mais frequentes, porém, observa-se que têm sido pouco considerados nas políticas públicas educacionais brasileiras. Como resultado, além das consequências diretas na sociedade, há uma falta de conhecimento público sobre um dos direitos fundamentais: o direito a um clima equilibrado. Portanto, um ambiente ecológica e climaticamente equilibrado é essencial para que todos os membros da sociedade possam desfrutar de uma vida digna (Faria; Ramos; Coltri, 2021).

Essas condições climáticas básicas são essenciais para possibilitar não apenas a existência, mas também o exercício pleno de outros direitos fundamentais. Em última análise, elas estabelecem um padrão de vida que está em conformidade com a dignidade humana, representando um aspecto fundamental do mínimo existencial necessário para uma vida digna (Sarlet, 2009).

O jurista alemão Robert Alexy, em sua obra *Teoria dos direitos fundamentais*, argumenta que os direitos fundamentais são essenciais para a proteção da dignidade e para garantir a liberdade e a igualdade de todos os indivíduos perante o Estado e a sociedade. Destaca ainda, que não são meros privilégios concedidos pelo Estado, mas sim prerrogativas inerentes à condição humana, que devem ser respeitadas e protegidas independentemente das circunstâncias (Alexy, 2018).

Todos os seres vivos estão a cada dia mais expostos a riscos existenciais provocados pelas mudanças climáticas, com relação aos quais o ordenamento jurídico precisa contemplar mecanismos capazes de proteger a vida de tais ameaças. Neste sentido, as leis têm um papel fundamental em superar o modelo de responsabilidade individual e estabelecer um compromisso coletivo para a preservação do meio ambiente e a mitigação das mudanças climáticas.

O artigo 225 da Constituição Federal do Brasil, de 1988, é um marco fundamental na legislação ambiental brasileira. Ele estabelece que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à qualidade de vida, impondo ao poder público e à coletividade o dever de preservá-lo para as presentes e futuras gerações. A importância de preservá-lo, como preconizado pelo artigo citado, é indiscutível e multifacetada. Primeiramente, o meio saudável é essencial para a qualidade de vida das pessoas, influenciando diretamente a saúde física e mental, além de proporcionar espaços de lazer e recreação. Além disso, a preservação é

crucial para a manutenção da biodiversidade, garantindo a sobrevivência de inúmeras espécies vegetais e animais, resguardando os serviços ecossistêmicos essenciais para a vida humana, como a regulação do clima.

Diversos países, como é o caso de Portugal, editaram leis que permitem o exercício da chamada cidadania climática, conceito introduzido no país pela Lei de Bases do Clima, Lei nº 98/2021, de 31 de dezembro de 2021, descrevendo como dever de todos os cidadãos contribuir para a manutenção do clima, assegurar a o equilíbrio e contribuir para a mitigação das alterações climáticas (Portugal, 2021).

Portanto, a legislação portuguesa possibilita o cumprimento pleno e eficaz desse dever, o que implica na submissão dos indivíduos às políticas públicas relativas ao clima. Isso inclui a participação ativa nos processos de elaboração e revisão dos instrumentos que regem a política ambiental no país, tais como consultas públicas, informações claras e acessíveis e esclarecimentos sobre a legislação, disponibilizados de forma organizada e de fácil consulta para todos (Portugal, 2021).

Para garantir uma participação efetiva, é preciso que os cidadãos adotem medidas que contribuam para reduzir o impacto dos danos ambientais, mitigando os efeitos das alterações climáticas. Para isso, é importante investir na educação climática de maneira assertiva e realista, incentivando comportamentos sustentáveis que possam promover mudança de cultura em relação ao meio ambiente, fazendo-os multiplicadores destes novos comportamentos.

Embora o Estado seja o principal responsável por promover a cidadania climática através da implementação de políticas de educação climática, é também importante incentivar autarquias locais, empresas, escolas e famílias a adotar hábitos sustentáveis.

No Brasil,

a Lei 8.080/90 dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes, regulamentando o dispositivo constitucional sobre o direito à saúde através da garantia a condições de bem-estar físico, mental e social bem como registra o meio ambiente como fator determinante e condicionante à saúde (Brasil, art. 3º, caput, 1990).

Ademais, a Lei da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/81), estabelece, no artigo 2º, “o objetivo de preservação, melhoria e recuperação

da qualidade ambiental propícia à vida, com o intuito de assegurar a proteção da dignidade da pessoa” (Brasil, 1981).

A Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, também conhecida como Lei de Crimes Ambientais, é uma legislação fundamental no país para a proteção do meio ambiente. Esta lei estabelece as sanções penais e administrativas aplicáveis às condutas lesivas ao meio ambiente, bem como define os crimes e infrações ambientais.

Seu objetivo principal é promover a preservação e a conservação dos recursos naturais, garantindo um ambiente saudável e equilibrado para as presentes e futuras gerações. Para isso, ela estabelece punições para uma variedade de condutas, como desmatamento ilegal, poluição hídrica e atmosférica, tráfico de animais silvestres, entre outros.

Além das penalidades criminais, a legislação prevê também medidas administrativas, como multas e embargos, que visam coibir práticas prejudiciais ao meio ambiente e promover a recuperação de áreas degradadas.

A Lei de Crimes Ambientais é essencial para a proteção da biodiversidade brasileira e para o cumprimento dos compromissos internacionais assumidos pelo país em relação à preservação. Ela reforça a importância da conscientização e do respeito à natureza, destacando a responsabilidade de todos na promoção da sustentabilidade e na conservação dos recursos naturais.

Outros projetos de lei tramitam atualmente no congresso nacional brasileiro com essa temática. Como é o caso do Projeto de Lei nº 3.961/2020

que decreta o estado de emergência climática, estabelece a meta de neutralização das emissões de gases de efeito estufa no Brasil até 2050 e prevê a criação de políticas para a transição sustentável (Brasil, 2020).

Também tramita os projetos de lei nº 3.950/21 e o nº 2.984/2022, que altera a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, para incluir conteúdo sobre mudanças climáticas nos currículos da educação básica (Brasil, 2022).

Ademais, cabe citar que alguns projetos de lei como é o caso do projeto nº 6.230/2023, foi sancionado em 2024, convertendo-se na Lei nº 14.926/2024 com o objetivo de assegurar a inserção de temas relacionados às mudanças do clima, à proteção da biodiversidade e aos riscos e emergências socioambientais no contexto atual do Brasil (Brasil, 2023).

Desta forma busca-se atualizar os currículos em face às recentes mudanças do clima, com o objetivo contribuir para a formação dos docentes e alunos da educação básica e superior, de modo que a perspecti-

va de “educação climática” ganhe mais importância e se torne um tema central na orientação das escolas sobre a obrigatoriedade da educação ambiental, sugerindo medidas mais efetivas

A criação de leis que garantam um meio ambiente e clima equilibrados constitui em direito fundamental às prestações materiais mínimas, indispensável ao gozo de uma vida humana digna e saudável, desta forma passível de controle judicial em face da omissão ou insuficiência dos poderes Legislativo e Executivo em provê-lo (Sarlet, 2009).

Segundo o estudo promovido pela Unesco, a inclusão de questões ambientais na educação pode contribuir para o desenvolvimento de competências e valores que são importantes para a construção de uma sociedade mais sustentável. Além disso, a pesquisa destaca ainda que a formação de professores no tema é fundamental para garantir que eles possam transmitir esses conhecimentos de maneira eficaz e atualizada.

Portanto, o papel da educação é de importância nesse processo, pois é através dela que podemos formar indivíduos conscientes e capacitados para enfrentar esse desafio (Unesco, 2018).

## **Cidadania climática e direitos humanos**

Primeiramente, é necessário entender que o conceito de cidadania é indispensável para a compreensão da estruturação da sociedade e de qual seria o papel que cada um desempenha nela. É um termo amplo que engloba uma série de direitos e responsabilidades políticas, sociais e econômicas.

Um conceito de cidadania bastante referenciado no Brasil é o de José Murilo de Carvalho, apresentado em seu livro *Cidadania no Brasil: O Longo Caminho* (2002), onde a define como um conjunto de direitos e deveres que os indivíduos possuem enquanto membros de uma comunidade política. Ele destaca que a cidadania não se limita apenas à participação política, mas também engloba o exercício pleno dos direitos civis, políticos, sociais e econômicos, bem como a consciência da igualdade perante a lei e o compromisso com o bem comum.

Para Carvalho (2002), a cidadania no Brasil é um processo histórico em constante evolução, marcado por avanços e retrocessos, mas que gradualmente amplia os espaços de participação e inclusão social dos cidadãos.

Para Norberto Bobbio (2004), cidadania engloba não apenas a titularidade de direitos políticos, mas também a capacidade de participação ativa no

exercício do poder político e no controle de suas ações. Essa concepção ampla destaca a importância da participação na vida política e social, além do mero reconhecimento formal de direitos.

De acordo com o artigo “Educação superior e os desafios da formação para a cidadania democrática” (Dalbosco, 2015), a preparação mais adequada das novas gerações para uma convivência harmoniosa em sociedades pluralistas, que se caracterizam por uma diversidade de modos de vida, é aquela fundamentada nos princípios da cidadania democrática.

Portanto, é um conceito amplo e complexo que engloba direitos e responsabilidades políticas, sociais e econômicas. Trata-se de uma construção histórica influenciada por fatores políticos, sociais e culturais e econômicos sendo reforçada pela participação ativa na vida política e social.

Neste contexto, a cidadania climática se refere à responsabilidade individual e coletiva de tomar medidas para mitigar e adaptar-se às mudanças climáticas. A educação é um importante veículo para desenvolver a conscientização sobre este tema e promover uma ação cidadã.

De acordo com o artigo “A educação em mudanças climáticas: uma abordagem interdisciplinar” (Magno; Costa; Borba, 2016), a educação desempenha um papel crucial na redução dos efeitos das mudanças climáticas. É essencial que o discurso ambiental interdisciplinar seja incorporado de forma mais abrangente no sistema educacional, a fim de garantir uma abordagem mais completa, com reconhecimento da importância da dimensão climática.

Outro estudo, “A importância da educação ambiental na construção da cidadania”, de autoria de Debora do Nascimento Fernandes (2010), destaca a importância de incluir a educação ambiental como uma parte integrante da educação formal. Isso permitirá que os alunos desenvolvam uma compreensão profunda e crítica sobre essas questões, incluindo as mudanças climáticas, e possam agir de maneira responsável e consciente na vida cotidiana.

A cidadania climática e os direitos humanos estão inter-relacionados, pois as mudanças afetam de forma significativa a vida das pessoas e podem prejudicar o acesso a direitos básicos, como alimento, água, saúde e habitação.

Quando discutimos educação climática, a inserimos em um contexto mais abrangente, o da educação para a cidadania, destacando-a como um fator crucial na formação de cidadãos plenos. O desafio de fortalecer a cidadania para toda a população, não apenas para alguns grupos específicos, reside na capacidade de cada um em assumir direitos e responsabilidades, tornando-se, assim, um agente corresponsável na proteção da qualidade de vida.

É essencial promover a solidariedade, a igualdade e o respeito à diversidade por meio de abordagens democráticas, fundamentadas em interações e diálogos. Isso se reflete no objetivo de cultivar novas posturas e ações em relação ao consumo, incentivando a transformação de valores, tanto a nível individual quanto coletivo (Jacobi, 2003).

Martins e Souza (2020) destacam a importância de se considerar a justiça social na abordagem da cidadania climática. Isso significa que as medidas para enfrentar as mudanças climáticas devem ser justas e equitativas, garantindo que as pessoas mais afetadas tenham acesso a recursos e oportunidades para se adaptar e proteger os seus direitos.

Em conclusão, a cidadania climática e os direitos humanos estão estreitamente ligados. É importante que as medidas para enfrentar as mudanças sejam justas e equitativas e que os estados e a sociedade em geral protejam e promovam os direitos, especialmente aos mais vulneráveis.

### **A educação como instrumento para efetivação da cidadania climática**

A educação é um importante instrumento para a efetivação da cidadania climática, uma vez que permite a formação de indivíduos conscientes e capacitados para agir de forma responsável e consciente em relação às mudanças climáticas.

Desenvolver um jogo sobre mudanças climáticas pode ser uma ótima forma de ensinar sobre este importante assunto de forma lúdica e efetiva.

De acordo com Santos e Silva (2021), os jogos educativos são uma ferramenta eficiente para o ensino, pois permitem a personalização do processo de aprendizagem e ajudam a aumentar a motivação. Além disso, jogos educativos podem ser utilizados para ensinar conceitos complexos de forma lúdica e acessível.

O estudo “Jogo roleta climática: uma abordagem lúdica para tratar das mudanças climáticas” (Pazmino; Ferreira; Corrêa, 2023) destaca a importância da aprendizagem lúdica na compreensão de questões de difícil assimilação. Jogos sobre mudanças climáticas podem ajudar a sensibilizar os jogadores sobre o assunto e estimular a reflexão sobre suas causas e possíveis soluções.

É importante que a educação aborde não apenas as questões, mas também as éticas, políticas e sociais envolvidas, desenvolvendo habilidades para a tomada de decisão e ação cidadã.

Nesse sentido, criar um jogo relacionado às mudanças climáticas pode representar uma abordagem interessante e eficaz para se educar sobre o tema crucial. Essa iniciativa tem o potencial de sensibilizar e promover a reflexão.

Esses jogos podem assumir diferentes formatos, como jogos de tabuleiro, palavras cruzadas, adivinhações, sopas de letras, ou serem desenvolvidos através de plataformas virtuais, em programas como Canva, Kahoot, Construct Studio Brasil, GameMaker Studio e Educaplay. Essas plataformas de aprendizado baseadas em jogos têm sido amplamente adotadas como ferramentas educacionais em escolas e outras instituições de ensino.

Os jogos oferecidos incluem testes de múltipla escolha que podem ser criados pelos usuários e acessados via navegador da Web ou através de aplicativos com opções de download gratuito disponíveis diretamente em smartphones. Essa diversidade de formatos e acessibilidade torna os jogos uma ferramenta valiosa para engajar o público e transmitir conhecimentos de valor.

Para isso, o presente capítulo, utilizando-se de metodologias ativas, sugere a construção de um modelo de aplicação didática em educação climática, direcionado a professores de ensino fundamental, contemplando as diversidades sociais e econômicas locais para o ensino em mudanças climáticas.

A proposta é de que os docentes possam seguir os seguintes passos:

1. Eles deverão identificar os objetivos educacionais daquela atividade: definir claramente os objetivos que pretendem alcançar com a aplicação didática, tais como conscientização sobre mudanças climáticas, compreensão de conceitos básicos sobre o clima e meios de mitigação e adaptação, para determinar o quanto importante é a educação climática como instrumento para exercer a cidadania climática.
2. Escolher o público-alvo: os professores irão identificar qual será o público-alvo da sua aplicação didática, considerando as diversas idades e o nível de conhecimento que tenham sobre o tema. A sugestão aqui é a aplicação de um questionário simples, pode ser criado um game de quiz para identificar o que os alunos sabem sobre mudanças climáticas e cidadania.
3. Selecionar o conteúdo: deverá se escolher o conteúdo das aulas, com base nos objetivos educacionais e no público-alvo, incluindo informações claras e atualizadas sobre mudanças climáticas, suas causas e efeitos, o que é cidadania e a importância dos agentes de transformação para se garantir o direito a um clima equilibrado a todos.
4. Desenvolver atividades interativas com os alunos: aqui os professores deverão criar atividades como perguntas e respostas, jogos e simulações em tabuleiros ou virtualmente, além de outros recursos como cartilhas

educacionais, que permitam que os usuários apliquem o conhecimento adquirido após cada uma das aulas.

5. Testar e avaliar: o docente deverá testar a aplicação didática com um grupo para fazer um diagnóstico dos resultados esperados e, em seguida, avaliar sua eficácia em relação aos objetivos educacionais estabelecidos. Ele deve ter em mente que, caso necessário, é importante fazer ajustes quanto ao conteúdo, contemplando as especificidades locais de clima, questões socioeconômicas das turmas em cada região do país, de forma a estabelecer maior engajamento.

Devem ainda buscar a colaboração de especialistas em mudanças climáticas e educação ambiental para o desenvolvimento de estratégias didáticas, visando garantir a precisão, qualidade e atualidade do conteúdo. Este modelo de aplicação tem como objetivo principal promover a efetividade do tema da educação e cidadania climática, proporcionando aos professores e alunos os meios para alcançar objetivos de aprendizagem de forma clara e eficiente, estimulando a conscientização e o comprometimento com o assunto.

De acordo com Silva, Aguiar e Farias (2020), a elaboração de um modelo de aplicação didática deve ser flexível, adaptando-se às necessidades e características individuais de cada turma. Além disso, é fundamental que este modelo seja embasado em princípios pedagógicos sólidos, destacando-se a interação entre alunos e professores, a avaliação contínua do processo e a aplicação de metodologias ativas e inovadoras.

Um estudo conduzido por Araugio e Alvarenga (2023), no artigo “Jogos no ambiente educativo: traçando o conhecimento” enfatiza a importância de se considerar as características individuais dos alunos para propostas de aplicação de instrumentos pedagógicos como forma de tornar o processo de ensino e aprendizagem mais envolvente e interessante.

Observa-se, ainda, a necessidade de atenção especial por parte dos docentes quando se trata de crianças. Vasconcelos (2020) destaca o valor em se adotar estratégias específicas para despertar o interesse em determinado tópico. Nesse sentido, sugere-se algumas opções, tais como o uso de linguagem simples e acessível, a utilização de elementos visuais e lúdicos, a narração de histórias, a incorporação de tecnologia e o estímulo à participação ativa por parte dos alunos.

Essas estratégias visam criar um ambiente propício ao aprendizado e à reflexão, promovendo o engajamento e a compreensão dos estudantes em relação às questões ambientais desde a tenra idade.

Em conclusão, um modelo de aplicação didática é crucial para a efetividade da educação sobre o tema sugerido. Entretanto, este modelo deve ser flexível, baseado em princípios pedagógicos, considerando as características regionais dos alunos para garantir que o processo de ensino e aprendizagem seja eficiente e significativo.

## **Conclusão**

De acordo com o artigo “Transformação individual, ascensão social e êxito profissional” (Motta; Schmitt, 2017), a aprendizagem pode ser um caminho para a transformação pessoal, permitindo que as pessoas desenvolvam novas habilidades, ampliem suas perspectivas e melhorem suas vidas. Além disso, a aprendizagem constante pode ajudar as pessoas a lidarem com as mudanças e desafios da vida de maneira mais eficiente e inclusiva.

A aprendizagem é um processo fundamental que pode ter um impacto significativo na vida, ajudando a desenvolver novas habilidades, conhecimentos e perspectivas, além de contribuir para o desenvolvimento humano, garantido que se possa adquirir conhecimento e conseqüentemente ser agente de transformação na sociedade, isso tudo através da educação.

A educação, portanto, é um instrumento valioso para efetivar a cidadania, uma vez que permite a formação de indivíduos conscientes e capacitados para participar ativamente da vida política e social do país.

De acordo com Ribeiro (2002), a educação para a cidadania deve ser interdisciplinar e abordar questões políticas, sociais, éticas e culturais. Além disso, é importante desenvolver habilidades para a participação social, incluindo a capacidade de expressão, argumentação, liderança e trabalho em equipe.

Martins e Schnetzler (2018) destacam a importância para o desenvolvimento democrático. A educação para a cidadania pode ajudar a formar indivíduos críticos e comprometidos com a democracia, contribuindo para a construção de sociedades mais justas e equitativas. Deve ser interdisciplinar e abordar questões políticas, sociais, éticas e culturais, além de desenvolver habilidades para a participação cidadã e contribuir para o desenvolvimento democrático.

O papel do professor é fundamental, uma vez que é ele quem conduz o processo de ensino e aprendizagem, tendo um impacto direto na formação dos alunos.

Destacam os autores a importância do profissional na formação de cidadãos críticos e comprometidos. Ele deve ser um modelo de cidadania, incentivando a participação dos discentes na vida política e social, estimulando a reflexão crítica sobre questões sociais e políticas. Deve ser um facilitador do processo, criando um ambiente de apoio e incentivo aos estudantes, além de ser um modelo de cidadania (Martins; Schnetzler, 2018).

Desta forma, desenvolver instrumentos de aprendizagem e aplicá-los é indispensável para concretizar este acesso às informações de qualidade.

São ferramentas importantes, uma vez que permitem a personalização do processo de ensino, ajudando a alcançar os objetivos de aprendizagem de forma mais eficiente.

Os instrumentos de aprendizagem, como softwares educacionais, jogos e simuladores, permitem a personalização do ensino, que se adapta às necessidades e características individuais. Além disso, ajudam a tornar o estudo mais atrativo e significativo, o que pode aumentar a motivação dos alunos em relação à aprendizagem.

Ademais sobre a necessidade de criar engajamento com o tema, quando o “público-alvo” são crianças, é necessário utilizar linguagem mais simples, sem tecnicismos, desenvolvendo atividades lúdicas que contemplem a realidade local na qual estão inseridas (Vasconcelos, 2020).

Outro aspecto importante é considerar a escola como um espaço para o exercício da cidadania, pois ao aprenderem, se tornam mais conscientes para exercer seus direitos e deveres, já que a cidadania climática prevê a criação de direitos por parte do Estado, garantindo um clima equilibrado e atribuindo a todos o dever de que, com suas ações, adotem medidas e práticas mais sustentáveis ao planeta, mitigando os efeitos danosos das alterações climáticas.

Portanto instrumentos são importantes para os educadores, pois permitem a personalização do processo de ensino para alcançar os objetivos de aprendizagem de forma mais eficiente, aumentando a motivação dos alunos em relação ao estudo sobre os mais diversos temas.

## Referências

- ALEXY, Robert. **Teoria dos direitos fundamentais**. São Paulo: Malheiros, 2018.
- ARAÚJO, Thalyta Nogueira de; ALVARENGA, Mariana Monteiro Soares Crespo de. Jogos no ambiente educativo: traçando o conhecimento. **Revista Educação, Artes e Inclusão**, Florianópolis, v. 19, n. 1, p. e0047, 2023. DOI:

10.5965/198431781820231e0047. Disponível em: <https://periodicos.udesc.br/index.php/arteinclusao/article/view/17794>. Acesso em: 20 nov. 2024.

BOBBIO, Norberto. **A Era dos Direitos**. Tradução de Carlos Nelson Coutinho. 8 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004

BONAVIDES, Paulo. **Curso de Direito Constitucional**. Rio de Janeiro: Editora GEN LTC, 2004. (E-book).

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: <https://bit.ly/3MVyTEG>. Acesso em: 22 set. 2023.

BRASIL, Projeto de **Lei n. 6.230/2023**. Dispõe sobre as mudanças do clima, à proteção da biodiversidade e aos riscos e vulnerabilidades a desastres socioambientais no âmbito da Política Nacional de Educação Ambiental. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/norma/38741948>. Acesso em: 19 fev. 2025.

BRASIL. **Lei n. 6.938/81**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Disponível em: <https://bit.ly/3ZzOnVT>. Acesso em: 22 set. 2023.

BRASIL. **Lei n. 8.080/90**. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. Disponível em: <https://bit.ly/4cHR6zQ>. Acesso em: 22 set. 2023.

BRASIL. **Lei n. 9.605/98**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Disponível em: <https://bit.ly/3zt7E0F>. Acesso em: 22 set. 2023.

BRASIL. **Lei n. 9.795/99**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental. Disponível em: <https://bit.ly/3ZwmLAX>. Acesso em: 21 out. 2023.

BRASIL. **Projeto de Lei n. 3.961/2020**. Decreta o estado de emergência climática, estabelece a meta de neutralização das emissões de gases de efeito estufa no Brasil até 2050 e prevê a criação de políticas para a transição sustentável. Disponível em: <https://bit.ly/3zjAAIz>. Acesso em: 25 out. 2023.

BRASIL. **Projeto de Lei n. 3.950/2021**. Altera a Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996 (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional), para incluir conteúdo sobre mudanças climáticas nos currículos da educação básica. Disponível em: <https://bit.ly/3zrRbtI>. Acesso em: 19 out. 2023.

BRASIL. **Projeto de Lei n. 2.984/22**. Dispõe sobre o Programa Nacional de Educação Climática nas Escolas. Disponível em: <https://bit.ly/4eR6tHB>. Acesso em: 22 maio 2023.

CARVALHO, José Murilo de. **Cidadania no Brasil**. O longo Caminho. 3. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2002.

DALBOSCO, Cláudio A. Educação superior e os desafios da formação para a cidadania democrática. **Revista da Avaliação da Educação Superior**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 123-142, mar. 2015.

FARIA, Daniela R. de; RAMOS, Maria; COLTRI, Priscila. Sequência didática como estratégia para ensino sobre desafios socioambientais relacionados às mudanças climáticas. **Terrae Didática**, Campinas: Unicamp, v. 17, 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3TDth5p>. Acesso em: 25 out. 2023.

FENSTERSEIFER, Tiago. **Curso de Direito Ambiental**. 2. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2021.

FERNANDES, Debora do Nascimento. A importância da educação ambiental na construção da cidadania. **Revista OKARA: Geografia em debate**, João Pessoa: DGEOC/CCEN/UFPB, v. 4, n. 1-2, p. 77-84, 2010. Disponível em: <https://bit.ly/3TEYUeV>. Acesso em: 3 maio 2024.

JACOBI, Pedro. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, n. 118, p. 189-206, mar. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-15742003000100008>.

MAGNO, Carlos Lima; COSTA, Francisco Alexandre; BORBA, Gilva Luiz. A educação em mudanças climáticas: uma abordagem interdisciplinar. **Revista HOLOS**, v. 4, p. 176-188, 2016.

MARTINS, José Pedro de A.; SCHNETZLER, Roseli P. Formação de professores em educação ambiental crítica centrada na investigação e na parceria colaborativa. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 24, n. 3, p. 581-598, 2018.

MARTINS, J.; SOUZA, T. Cidadania climática e justiça social: um enfoque nos direitos humanos. **Anais do Congresso Nacional de Justiça Social**, v. 11, p. 1-8, 2020.

MOTTA, Paulo R.; SCHMITT, Valentina Gomes H. Transformação individual, ascensão social e êxito profissional. **Revista de Administração Pública**, v. 51, n. 3, p. 451-461, maio 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-76122017-0095>.

PAZMINO, Ana Verónica; FERREIRA, Ian Victor Silva; CORRÊA, Rosália. Jogo roleta climática: uma abordagem lúdica para tratar das mudanças climáticas. **Revista técnico-científica do programa de pós-graduação em design da Univille**, v. 6, n. 1, 2023.

PORTUGAL. **Lei n. 98/2021, de 31 de dezembro de 2021**. Cria a Lei de Bases do Clima. Disponível em: <https://bit.ly/3BdxhD7>. Acesso em: 2 abr. 2024.

RIBEIRO, Marlene. Educação para a cidadania: questão colocada pelos movimentos sociais. **Educação e Pesquisa**, v. 28, n. 2, p. 113-128, jul. 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-97022002000200009>.

SARLET, Ingo Wolfgang. **A eficácia dos direitos fundamentais**: uma teoria geral dos direitos fundamentais na perspectiva constitucional. 10. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2009.

SILVA, Fernanda Marques da; AGUIAR, Mariana Mostardeiro de; FARIAS, Maria Eloísa. Mudanças climáticas e suas implicações: trabalhando educação ambiental com alunos do 6º ano do Ensino Fundamental. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 173-189, 2020. DOI: 10.26843/rencima.v11i2.2496. Disponível em: <https://bit.ly/3TyMyof>. Acesso em: 28 maio 2023.

UNESCO. **Climate change education**. Paris, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/47DkNRt>. Acesso em: 10 maio 2024.

VASCONCELOS, Queila Almeida. **O protagonismo das crianças como processo de aprendizagem, situado e contínuo, dos sujeitos na Escola de educação Infantil**: princípios, abordagem e sustentação. 2020. 205f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

## CAPÍTULO 7

# ONDE ENCONTRAR INFORMAÇÕES CONFIÁVEIS?

*Priscila Pereira Coltri  
Rafael Vinicius de São José*

Neste capítulo, você vai saber onde e como as notícias sobre tempo, clima e mudanças climáticas são veiculadas e, também, como procurar informações cientificamente confiáveis sobre esses temas. Tais informações são uma das principais armas contra a desinformação e a disseminação de fake news.

### **Introdução**

Nas sociedades democráticas, a população recebe um grande número de informações. O lado bom é que nos mantém atualizados e, podemos, inclusive, adquirir conhecimento. Esse conhecimento e atualização acontece até em temas meteorológicos e climáticos, que estão em constante evolução. No entanto, nos últimos anos, o “bombardeio” de grande volume de informações, das mais diversas fontes (como televisão, rádio, jornais, mídias sociais, mensagens de aplicativos entre outras), acabam por dificultar a rastreabilidade e a acurácia daquela mensagem. É importante, portanto, que consigamos avaliar a confiabilidade das informações que recebemos.

Em relação a assuntos de tempo atmosférico e clima, trabalhos acadêmicos indicam que o maior fluxo de informações normalmente é circulado após um evento extremo, que pode ser atmosférico (como chuvas fortes, seca, furacão, microexplosão, deslizamentos, ondas de calor ou de frio, entre outros) ou técnico-científico-político (como o lançamento dos relatórios do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, o IPCC e grandes reuniões climáticas como as COPs, Conferência das partes).

Informações climáticas disseminadas pela mídia, segundo um estudo realizado por Bråten, Strømsø e Salmerón (2011), podem ser controversas e a conclusão captada pode influenciar no modo de agir individual e da comunidade. Assim, um dos grandes desafios da atualidade é o julgamento da confiança da informação (Brand-Gruwel; Wopereis; Vermetten, 2005). O juízo que um cidadão faz de uma informação está relacionado a educação formal,

mas, também, a forma de escrita e persuasão, o meio de comunicação da publicação, motivação prévia da leitura, fonte (por exemplo, títulos acadêmicos dos entrevistados) e o impacto da notícia (Petty; Cacioppo, 1986). Hoje, muitas das informações climáticas disseminadas, principalmente via redes sociais e de aplicativos, não tem fonte e nem comprovação científica prévia, facilitando análises tendenciosas e superficiais. Adicionalmente, o ensino das mudanças climáticas nas escolas brasileiras ainda é pequeno e incipiente, contribuindo para a falta de formação de conceitos básicos nessa área (veja Capítulo 9). O resultado dessa combinação são as constantes notícias erradas e/ou falsas (fake news) veiculadas sobre clima e tempo.

Vale ressaltar a diferença entre as notícias erradas (em inglês, o termo utilizado é *misinformation*) e notícias falsas (em inglês, *desinformation*). Embora o significado de ambos seja o mesmo ao traduzi-los para o português, há uma diferença de conceito e intencionalidade. Partimos do princípio de que informação é “fundamental e inerentemente verdadeira” (Søe, 2021). Esse mesmo autor ressalta que as notícias erradas (*misinformation*) nascem da “deturpação”, ou seja, são adicionados outros indícios e conceitos ao original para dar um certo sentido à essa informação, deturpando-a e resultando, assim, em notícias erradas. Embora haja diferença entre as notícias erradas e a informação, há uma convergência em termos de valores e intenção. As erradas, portanto, geram conteúdos incorretos, que se dá por negligência ou ignorância.

Por outro lado, as notícias falsas são deliberadamente geradas com a intenção de enganar. Há uma intencionalidade na criação. Mas nem sempre sua disseminação se dá na intencionalidade de divulgar algo falso (quando, por exemplo, um serviço de notícias repassa a informação fraudulenta sem verificar a veracidade dos fatos). Notícias falsas também são chamadas de “fake news”, que não é um assunto novo. Estudos indicam que “informações ou reportagens” ilegítimas existem desde o século XIX (Beiler; Kiesler, 2018), mas, com o avanço da tecnologia da informação e da internet, aumentaram consideravelmente em volume e potencial de prejuízo à sociedade (Vosoughi; Roy; Aral, 2018).

Um assunto sob o qual as notícias falsas são particularmente importantes são as mudanças climáticas (Drummond; Siegrist; Árvai, 2020), podendo colocar em dúvida, inclusive, teses cientificamente importantes e já comprovadas, como por exemplo, o aquecimento global antropogênico, encorajando a falta de atuação da sociedade e das políticas públicas sobre esse assunto

(Drummond; Siegrist; Árvai, 2020). O resultado, a longo prazo, pode ser catastrófico (IPCC, 2021).

Por isso, saber onde e como procurar informações cientificamente confiáveis sobre esse tema é uma das principais armas contra a desinformação e a disseminação de fake news.

### **Localizando “mudanças climáticas” na mídia**

Noticiar assuntos do clima, mais especificamente mudanças climáticas, não é uma tarefa simples. Dentro da narrativa ambiental, o contexto climático exige conhecimentos interdisciplinares, que abrangem temas da Climatologia, probabilidade, estatística, escalas, história da humanidade e da Terra, gases de efeito estufa, incertezas, além da abstração de cenários futuros. Esses conceitos relacionados de maneira inter e multidisciplinar, nem sempre são simples de ser entendidos e transmitidos ao público.

Nas grandes mídias (revistas, jornais, noticiários), as notícias ambientais, principalmente aquelas que incluem assuntos como mudanças climáticas e tempo atmosférico, competem com as notícias de políticas, economia e sociais, como crimes, terrorismos, celebridades etc. Um trabalho realizado em 2017, por Kalhoefer, demonstrou que, nos Estados Unidos, cerca de 1% das manchetes são destinadas à assuntos ambientais. No entanto, quando a notícia tem apelo de um impacto local importante ou mesmo cenas fortes de destruição, como no caso de enchentes, secas, tornados, famílias e comércios sendo afetados, por exemplo, essas informações são impulsionadas e passam a ser replicadas à comunidade (Sheppard *et al.*, 2011; Brown *et al.*, 2011). Howarth e Anderson (2019) explicam que, nesse caso, o senso de comunidade, ligado a noção de experiência atual e a possível experiência futura (conforme preconizado pelos relatórios do IPCC), torna as “mudanças climáticas” tangível à população, que consegue imaginar os impactos localizados em sua comunidade e até mesmo em suas vidas pessoais. Essa sensação faz com que as pessoas passem a dar mais atenção às informações sobre mudanças climáticas e a sua própria atuação na sociedade. Nessas ocasiões, é importante que as notícias sejam transmitidas com coerência científica, pois é uma oportunidade de discussão social da crise climática.

Ao receber uma notícia, portanto, é importante que o cidadão saiba como interpretar sua veracidade, por outro lado, é fundamental que se consiga informações rápidas, de fácil acesso e linguagem, cientificamente

confiáveis. No próximo item deste capítulo, são listados alguns locais onde essas informações podem ser encontradas.

### **Atualmente, no Brasil, onde podemos procurar informações sobre clima, Meteorologia e ensino em mudanças climáticas?**

Alguns sites, perfis em redes sociais e podcasts podem ser importantes fontes de informação sobre Meteorologia, clima, mudanças climáticas e assuntos adjacentes, como experiências de ensino em Climatologia, divulgação de materiais didáticos, entre outros. Segue listados e explicados alguns sites interessantes para se obter informações sobre clima, mudanças climáticas, com foco (ou não) em educação, para os mais diversos segmentos.

#### ***Organização Meteorológica Mundial (OMM)***

A OMM é uma agência especializada ligada às Nações Unidas (ONU), localizada em Genebra, na Suíça. Entre suas competências e missões, destaca-se a ação sobre o comportamento da atmosfera, oceanos, clima e recursos hídricos. A OMM também é responsável pelos padrões de medições das estações meteorológicas de superfície do mundo, criando uma rede. É seu papel proteger o ambiente e disseminar informações cientificamente corretas sobre clima e eventos atmosféricos, e tem sido fundamental nisso.

O site da OMM está disponível em diferentes idiomas: inglês (<https://bit.ly/3XT7Lfh>), francês, espanhol, russo, japonês e chinês. Nele, tem-se informações sobre tempo, clima, recursos hídricos e ambiente. É possível, também, fazer download de livros, cartilhas e programas de desenvolvimento. Um link interessante que pode ser estudado em formato on-line é o Atlas das Nuvens (<https://bit.ly/4gE1Xhh>).

O site também tem uma área específica para educação e treinamento (<https://bit.ly/4dfHkoD>). Esse trabalho centra-se no desenvolvimento de recursos humanos para auxiliar em serviços meteorológicos e hidrológicos relacionados ao clima.

Ligada às Nações Unidas no Brasil, a OMM também traz informações em formato de *newsletter* em português, pelo site: <https://bit.ly/47AHe9Q>. Aqui, a OMM confirma (ou não) informações que saem na mídia sobre um determinado assunto climático. Por exemplo, em 19 de janeiro de 2022, a OMM confirmou que o ano de “2021 ficou entre

os sete anos mais quentes já registrados na história” (reportagem: <https://bit.ly/4eBYk9P>). Vale ressaltar que a ONU/OMM também tem canais em redes como YouTube, Twitter, Instagram e Facebook.

### ***Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC)***

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, conhecido pela sigla IPCC, é uma organização científico-política criado em 1988, no contexto das Nações Unidas (ONU), pela iniciativa do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e da Organização Meteorológica Mundial (OMM). No site (<https://bit.ly/2FMmMGP>) é possível encontrar os relatórios (também chamados de *Assessment Reports* – AR), as sínteses dos relatórios, os grupos de trabalho e as atividades da organização. Vale ressaltar que todo o material disponível no site está em inglês. O IPCC também divulga informações em suas redes sociais como Facebook, Instagram, Twitter e YouTube.

O site do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) tem uma área, dentro de “Clima”, onde os relatórios são discutidos, contendo as principais informações e divulgações (em português) referentes aos relatórios publicados. Essas informações podem ser encontradas em: <https://bit.ly/4gwVvZh>.

Entre os relatórios mais recentes, o *Relatório Especial 1,5°C* pode ser lido, em português, pelo link: <https://bit.ly/47GFxrp>.

### ***Observatório do Clima***

O Observatório do Clima (<https://bit.ly/4exJjkq>) é uma rede composta por 37 entidades da sociedade civil. Tem como objetivo principal discutir e analisar as mudanças climáticas no contexto brasileiro. É localizado na Asa Sul, em Brasília. Fundado em 2002, o observatório conta com a colaboração de muitos especialistas e cientistas que tem se destacado no cenário mundial das mudanças climáticas. O site traz projetos e publicações importantes sobre o tema. Alguns dos relatórios do IPCC traduzidos para o português podem ser encontrados no site, como por exemplo as principais conclusões (com um resumo comentado) sobre o AR6 (Sexto Relatório, publicado em 2021). Vale ressaltar que é possível, também, seguir o Observatório do Clima no Twitter, Instagram, Facebook e YouTube.

## ***Rede Clima Brasil***

Conforme descrito no site (<https://bit.ly/49AjNNn>),

a Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais – Rede Clima é um importante pilar de apoio às atividades de Pesquisa e Desenvolvimento do Plano Nacional de Mudanças Climáticas para atender às necessidades nacionais de conhecimento sobre mudanças do clima, incluindo a produção de informações para formulação de políticas públicas. Foi instituída pelo então Ministério da Ciência e Tecnologia em sua Portaria nº 728, de 20 novembro de 2007, e alterada pelas Portarias nº 262 de 2 de maio de 2011 e nº 1295 de 16 de dezembro de 2013.

Dividida em 16 sub-redes temáticas (Agricultura, Biodiversidade e Ecossistemas, Cidades e Urbanização, Desastres Naturais, Desenvolvimento Regional, Divulgação Científica, Economia, Energias Renováveis, Modelagem Climática, Oceanos, Políticas Públicas, Recursos Hídricos, Saúde, Serviços Ambientais dos Ecossistemas, Usos da Terra e Zonas Costeiras), tem abrangência nacional e conta com a participação de institutos de pesquisas e universidades.

No site, é possível encontrar artigos científicos, cartilhas e atlas, relatórios e vídeos explicativos capazes de disseminar informações cientificamente comprovadas. Vale destacar o conjunto de vídeos oferecidos e as cartilhas e atlas para download (<https://bit.ly/3TGaxSz>).

## ***Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe)***

Localizado na cidade de Cachoeira Paulista, no interior do Estado de São Paulo, o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) é ligado ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). Em seu site (<https://bit.ly/3Bi88Y3>), uma série de materiais educacionais, como vídeos e informações sobre fenômenos atmosféricos são disponibilizados (El Niño, La Niña, balanço hídrico, relevo, radiação, desastres naturais, mudanças climáticas, movimentos da atmosfera, dentre outros). Destaque especial é dado a uma série de dez vídeos sobre o tema “mudanças climáticas globais”, que traz informações sobre mudanças climáticas, efeito estufa, ciclo do carbono, ciclo do nitrogênio, mudanças naturais e antropogênicas, observação do aquecimento global, cenários futuros, mudanças climáticas globais e vegetação).

## ***Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – Cemaden***

Localizado em São José dos Campos (SP), o Cemaden

tem como missão realizar o monitoramento das ameaças naturais em áreas de riscos em municípios brasileiros suscetíveis à ocorrência de desastres naturais, além de realizar pesquisas e inovações tecnológicas que possam contribuir para a melhoria de seu sistema de alerta antecipado, com o objetivo final de reduzir o número de vítimas fatais e prejuízos materiais em todo o país (Informações do site).

No sítio eletrônico do Cemaden, é possível encontrar informações sobre redes de monitoramento de precipitação, riscos, desastres naturais, monitoramentos meteorológicos e alertas. O destaque, para fins de informações simples, é o “Cemaden Educação” (<https://bit.ly/3TA93ti>).

Aqui, é possível encontrar cartilhas, e-books, jogos, aplicativos, eventos e projetos. Há também uma série de vídeos informativos, com linguagem simples, que tratam de notícias da atualidade, além de atividades como por exemplo “Deslizamento de terra” (<https://bit.ly/3TARJUQ>), com referência ao desastre ocorrido em Petrópolis, no Rio de Janeiro, em fevereiro de 2022.

## ***Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura – Cepagri/Unicamp***

Ligado à Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), o Cepagri é um Centro de Pesquisas que atua nas áreas de Climatologia, Meteorologia e Mudanças Climáticas Aplicadas, localizado em Campinas, interior do Estado de São Paulo. No site (<https://bit.ly/4evzhF5>), é possível obter informações sobre previsão do tempo (direcionado ao Estado de São Paulo, mais especificamente à Região Metropolitana de Campinas), monitoramento meteorológico, imagens de satélites e pesquisas aplicadas. As informações são mais técnicas e menos didáticas. O destaque no que se refere à educação é o LabEduc-CPA, que é o Laboratório de Educação do Cepagri (<https://bit.ly/4gBOIXC>). No ícone “publicações”, é possível ter acesso às publicações científicas dos pesquisadores vinculados ao laboratório, bem como aos jogos, cartilhas e e-books produzidos pelo grupo de pesquisa. O laboratório também tem um perfil no Instagram, @entrando\_no\_clima.

### ***Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet)***

O Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) (<https://bit.ly/4eBWMwx>), localizado em Brasília, é um órgão federal, criado em 1909, ligado ao Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), para prover informações meteorológicas, análise e monitoramento de previsão do tempo e do clima. Com informações mais técnicas e especializadas, o site traz dados no formato de mapas, tabelas, meteogramas e imagens de satélite, bem como avisos meteorológicos para as regiões do país. O site também publica boletins e informativos. Relacionado ao clima, o site traz as informações de normais climatológicas, previsões climáticas e monitoramentos.

### ***National Aeronautics and Space Administration – Nasa***

No site oficial da Nasa (National Aeronautics and Space Administration), há áreas específicas para educação e divulgação de informações sobre atmosfera, tempo e clima. São listadas logo abaixo, algumas dessas iniciativas. As atividades e vídeos estão em inglês (uma porcentagem pode ser encontrada em espanhol), mas podem ser facilmente traduzidos, algumas ideias de atividades podem ser utilizadas mesmo nas escolas brasileiras.

### ***Nasa Climate Change***

Neste site (<https://bit.ly/3BbiQzE>), a Nasa traz uma série de informações relacionadas a “mudanças climáticas”.

Dividido em Fatos, Artigos, Soluções, Exploração, Recursos e Nasa Science, o site informa sobre diversas áreas dentro do tema, abordando-o na inter e transdisciplinaridade que ele exige. As informações estão em inglês, trazem evidências, causas, consenso científico, as possíveis soluções nas mais diferentes esferas (local, regional, global, política), imagens, vídeos rápidos, diferença entre aquecimento global e mudanças climáticas, dentre outros recursos simples e de fácil entendimento.

Um primeiro destaque desse site são números indicativos das mudanças climáticas. É possível observar, em números, o quanto a temperatura do ar global aumentou desde 1880, a quantidade atual de dióxido de carbono, a ex-

tensão do gelo ártico, o aumento atual do nível do mar, entre outras informações relevantes e que, normalmente, são utilizadas em matérias jornalísticas.

Um segundo destaque está nas perguntas que o site responde. De uma forma simples, ficam colocadas as perguntas: o que é mudança climática? Quais as causas? Consequências? Efeitos? Soluções? A plataforma direciona o usuário a essas respostas com informações científicas, vídeos, artigos e imagens, importantes meios para entender esses pontos.

Por fim, entre outras funcionalidades, destaca-se *Resources*, com informações gráficas e multimídia, para educadores, mídia, crianças (*Climate Kids*), aquecimento global versus mudanças climáticas e informações em espanhol.

No ícone para educadores, é listado uma série de fontes com os melhores recursos disponíveis para professores e estudantes, relacionados as mudanças climáticas:

### ***Nasa Climate Kids***

Nasa Climate Kids é um site (<https://bit.ly/3BbiQzE>) vinculado à Nasa que traz para o público infanto-juvenil uma série de informações relevantes sobre tempo, clima, mudanças climáticas e o impacto delas na sociedade. Todo esse material é divulgado por meio de jogos, cartilhas e vídeos. Em cada ícone escolhido pelo usuário, é possível ter acesso a vídeos, atividades, download de posters informativos e jogos. Um jogo interessante e on-line disponibilizado, é o *The Climate Time Machine* que apresenta uma série de visualizações, mostrando como alguns dos principais indicadores climáticos da Terra estão mudando ao longo do tempo. Na parte de vídeos, é possível encontrar um rico material sobre os principais tópicos relacionados ao clima e às mudanças climáticas.

### ***Nasa Jet Propulsion Laboratory Education – Climate Change Lessons***

O Nasa Jet Propulsion Laboratory Education – Climate Change Lessons (<https://bit.ly/3ZDk2Wv>), disponibiliza atividades, recursos, workshops e programas de treinamento para a comunidade. No ícone de atividades relacionadas ao tema “mudanças climáticas”, é possível encontrar uma série de atividades a serem realizadas tanto em sala de aula quanto em família, além de vídeos que apresentam uma linguagem simples.

## ***Nasa Wavelength – Learn Science***

Esta coleção revisada de recursos de Ciência da Terra e do Espaço, da Nasa, é para educadores de todos os níveis: educação básica (fundamentada na divisão K-12 dos Estados Unidos), ensino superior e educação científica informal. É uma coleção de recursos (revisados aos pares) que pode ser filtrado por público, tópico, estratégia instrucional. Nesta unidade, os alunos investigam o papel do clima no aumento do risco de incêndios florestais em todo o mundo. Os impactos da Amplificação do Ártico, El Niño, Oscilação Sul e Oscilação do Ártico são examinados por meio de uma análise dos conjuntos de dados da Nasa. No site, a maioria dos materiais são gratuitos, mas também, é possível encontrar alguns materiais pagos (custando, em média, de 5 a 10 dólares).

### ***Nasa e-clips***

O Nasa e-clips (<https://bit.ly/47CRIWg>) fornece aos educadores vídeos, atividades e aulas baseados em padrões para aumentar a alfabetização literária e científica, por meio das lentes da Nasa. O material disponibilizado atende diferentes faixas etárias da educação básica.

### ***NOAA: Teaching Climate***

Nesse site da NOAA, é possível encontrar recursos que auxiliam no ensino de “clima” e “energia” (<https://bit.ly/4dfLUTQ>). Há mapas, vídeos e arquivos sobre o tema de destaque. Está disponibilizado os princípios essenciais da Alfabetização Climática, uma abordagem muito interessante no ensino de Climatologia (que inclui as mudanças climáticas), pois permite um entendimento global da relação homem, sociedade e clima, permitindo os seguintes pontos (destacados no material):

- compreender os princípios essenciais do sistema climático da Terra;
- saber como avaliar informações cientificamente confiáveis sobre clima;
- comunicar sobre o clima e as mudanças climáticas de forma significativa;
- ser capaz de tomar decisões informadas e responsáveis em relação a ações que possam afetar o clima.

### ***Climate Literacy & Energy Awareness Network (Alfabetização Climática e conscientização energética)***

O Climate Literacy & Energy Awareness é um projeto conhecido como Clean (<https://bit.ly/4gsLJau>). O site fornece uma coleção de recursos para ajudar os alunos a entender as ideias centrais em ciências do clima e da energia, juntamente com as ferramentas para permitir que uma comunidade on-line compartilhe e discuta o ensino sobre as temáticas. As informações são voltadas a educadores, para utilizá-las em sala de aula. O acesso ao é simples e interativo.

### ***Unesco: Education for Climate***

No site (<https://bit.ly/4gA46dG>), há uma série de vídeos, informações e cartilhas que podem ser utilizadas, tanto em sala de aula, como material complementar, mas também, no entendimento de informações veiculadas pela mídia. A Unesco ainda conta com um *Escritório de Mudanças Climáticas* (<https://bit.ly/3Bo2GTj>), especializado em ensino de mudanças climáticas, que disponibiliza atividades para sala de aula, vídeos e desenvolvimento do professor no tema, entre outras funcionalidades.

### ***Educação sobre Mudança Climática Através do Currículo Através do Mundo (TROP ICSU)***

O TROP ICSU (<https://bit.ly/3Zvd5qz>) é um projeto internacional que disponibiliza materiais didáticos sobre a temática de Climatologia em diversas línguas, inclusive português. Conforme descrito no site,

é um projeto (<https://bit.ly/3TGyUzy>; <https://bit.ly/3BqNTY2>) que agrega os tópicos relacionados às mudanças climáticas no currículo básico da escola e da graduação, para aumentar a conscientização sobre as causas e efeitos das mudanças climáticas entre os alunos. O projeto TROP ICSU faz parte da visão de democratização do conhecimento, para que toda a humanidade invista seu talento, habilidades e ambição de maneira focada para lidar com os problemas das mudanças climáticas.

Ainda sobre o projeto, explica que

o foco principal é providenciar uma fonte confiável de recursos educacionais validados e com curadoria que integram os tópicos de mudanças climáticas no currículo principal do sistema de ensino formal. Essa abordagem garantirá que todos os estudantes, independentemente de suas disciplinas / áreas de estudo, tomem consciência das causas e impactos das mudanças climáticas e sejam equipados com habilidades para desenvolver soluções locais inovadoras para esse problema global.

A tabela a seguir sintetiza os sites consultados:

<b>Site</b>	<b>Endereço eletrônico</b>
Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/Inpe)	<a href="https://bit.ly/3XPtTDb">https://bit.ly/3XPtTDb</a>
Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (Cepagri/Unicamp)	<a href="https://bit.ly/3XPtTDb">https://bit.ly/3XPtTDb</a>
Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden)	<a href="https://bit.ly/3zhiW8k">https://bit.ly/3zhiW8k</a>
Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet)	<a href="https://bit.ly/4eBWMwx">https://bit.ly/4eBWMwx</a>
Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações	<a href="https://bit.ly/3XBpqab">https://bit.ly/3XBpqab</a>
National Aeronautics and Space Administration (Nasa)	<a href="https://bit.ly/4gxhIMj">https://bit.ly/4gxhIMj</a>
Nasa Climate Change	<a href="https://bit.ly/3BbiQzE">https://bit.ly/3BbiQzE</a>
Nasa Climate Kids	<a href="https://bit.ly/4gtHxrb">https://bit.ly/4gtHxrb</a>
Nasa e-clips	<a href="https://bit.ly/47CRIWg">https://bit.ly/47CRIWg</a>
Nasa Jet Propulsion Laboratory Education – Climate Change Lessons	<a href="https://bit.ly/3ZDk2Wv">https://bit.ly/3ZDk2Wv</a>
Nasa Wavelength – Learn Science	<a href="https://bit.ly/3MZRq20">https://bit.ly/3MZRq20</a>
NOAA – Teaching Climate	<a href="https://bit.ly/4dfLUTQ">https://bit.ly/4dfLUTQ</a>
Observatório do Clima	<a href="https://bit.ly/4exjJkq">https://bit.ly/4exjJkq</a>
Rede Clima Brasil	<a href="https://bit.ly/49AjNNn">https://bit.ly/49AjNNn</a>
The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)	<a href="https://bit.ly/2FMmMGP">https://bit.ly/2FMmMGP</a>
Unesco – Education for climate	<a href="https://bit.ly/4eeQVx8">https://bit.ly/4eeQVx8</a>
World Meteorological Organization (WMO)	<a href="https://bit.ly/3XT7Lfh">https://bit.ly/3XT7Lfh</a>
World Meteorological Organization – International Cloud Atlas Manual on the Observation of Clouds and Other Meteors (WMO-No. 407)	<a href="https://bit.ly/4gE1Xhh">https://bit.ly/4gE1Xhh</a>

**Tabela 1. Endereço eletrônico dos sites consultados**

Fonte: Os autores.

## Considerações finais

O acesso à informação confiável é essencial para o combate contra a desinformação e para a detecção e ações contra fake news. Os sites e materiais apresentados neste capítulo, além de fornecerem informações confiáveis relacionadas aos temas das mudanças climáticas, também oferecem ferramentas voltadas para os docentes da educação básica, podendo auxiliar nas diferentes atividades escolares. É interessante que o professor consulte esses materiais, mas os adapte à sua realidade, tanto climática quanto escolar. Nem sempre, as atividades listadas podem ser realizadas em todas as escolas, mas servem de inspiração, podendo ser adaptadas para a individualidade de cada contexto.

Por fim, ainda voltado para o assunto das notícias, ressalta-se uma nova plataforma de detecção de fake news. Em um projeto inovador, conduzido pela Universidade de São Paulo. Por meio de técnicas de inteligência artificial, é possível verificar quando a matéria é falsa. O link desse projeto (bem como da plataforma) é: <https://bit.ly/3ZtS6o2>.

## Referências

BEILER, Marcus; KIESLER, Johanna. “Lügenpresse! Lying press!” Is the Press Lying? *In*: OTTO, Kim; KÖHLER, Anderas (eds.). **Trust in Media and Journalism**. Wiesbaden: Springer, 2018, p. 155-179.

BRAND-GRUWEL, Saskia; WOPEREIS, Iwan G. J. H.; VERMETTEN, Yvonne. Information problem solving by experts and novices: Analysis of a complex cognitive skill. **Computers in Human Behavior**, n. 21, p. 487-508, 2005.

BRÅTEN, Ivar; STRØMSØ, Helge I.; SALMERÓN, Ladislao. Trust and mistrust when students read multiple information sources about climate change. **Learning and Instruction**, v. 21, n. 2, p. 180-192, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2010.02.002>.

BROWN, Tim *et al.* The local impact of global climate change: Reporting on landscape transformation and threatened identity in the English regional newspaper press. **Public Understanding of Science**, v. 20, n. 5, p. 658-673, 2011. DOI: [10.1177/0963662510361416](https://doi.org/10.1177/0963662510361416).

DRUMMOND, Caitlin; SIEGRIST, Michael; ÁRVAI, Joseph. Limited effects of exposure to fake news about climate change. **Environ Res Commun**, n. 2, p. 081003, 2020. DOI: <https://dx.doi.org/10.1088/2515-7620/abae77>.

HOWARTH, Candice; ANDERSON, Alison. Increasing Local Salience of Climate Change: The Un-tapped Impact of the Media-science Interface. **Environmental Communication**, v. 13, n. 6, p. 713-722, 2019. DOI: 10.1080/17524032.2019.1611615.

KALHOEFER, Kevin. How broadcast networks covered climate change in 2016. **Media Matters for America**, 2017. Disponível em: <https://bit.ly/3ZtQ8UG>. Acesso em: 10 nov. 2023.

PETTY, Richard E.; CACIOPPO, John T. **Communication and Persuasion: Central and Peripheral Routes to Attitude Change**. Nova York: Springer - Verlag, 1986.

SHEPPARD, Stephen R. J. *et al.* Future visioning of local climate change: A framework for community engagement and planning with scenarios and visualization. **Journal Futures**, v. 43, n. 4, p. 400-412, 2011.

SØE, Sille Obelitz. A unified account of information, misinformation, and disinformation. **Synthese**, n. 198, p. 5929-5949, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11229-019-02444-x>.

VOSOUGHI, Soroush; ROY, Deb; ARAL, Sinan. The spread of true and false news online. **Science**, v. 359, n. 6380, p. 1146-1151, 2018.

## Principais sites

CEMADEN. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. Disponível em: <https://bit.ly/3zhiW8k>. Acesso em: 27 abr. 2022.

CEPAGRI/UNICAMP. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. Disponível em: <https://bit.ly/4evzhF5>. Acesso em: 27 abr. 2022.

CPTEC/INPE. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Disponível em: <https://bit.ly/3XPtTDb>. Acesso em: 27 abr. 2022.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <https://bit.ly/4eBWMwx>. Acesso em: 27 abr. 2022.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível em: <https://bit.ly/2FMmMGP>. Acesso em: 27 abr. 2022.

MCTI. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Disponível em: <https://bit.ly/3zuUobS>. Acesso em: 27 abr. 2022.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. **Nasa**. Disponível em: <https://bit.ly/4dh3KWk>. Acesso em: 27 abr. 2022.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. **Nasa Climate Change**. Disponível em: <https://bit.ly/3XULX2M>. Acesso em: 27 abr. 2022.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. **Nasa Climate Kids**. Disponível em: <https://bit.ly/4gtHxrb>. Acesso em: 27 abr. 2022.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. **Nasa e-clips**. Disponível em: <https://bit.ly/47CRIWg>. Acesso em: 27 abr. 2022.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. **Nasa Jet Propulsion Laboratory Education** – Climate Change Lessons. Disponível em: <https://bit.ly/3ZDk2Wv>. Acesso em: 27 abr. 2022.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. **Nasa Wavelength** – Learn Science. Disponível em: <https://bit.ly/3MZRq20>. Acesso em: 27 abr. 2022.

NOAA – **Teaching Climate**. Disponível em: <https://bit.ly/4dfLUTQ>. Acesso em: 27 abr. 2022.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. Disponível em: <https://bit.ly/4exjJkq>. Acesso em: 27 abr. 2022.

REDE CLIMA BRASIL. Disponível em: <https://bit.ly/49AjNNn>. Acesso em: 27 abr. 2022.

UNESCO. **Education for climate**. Disponível em: <https://bit.ly/4gA46dG>. Acesso em: 27 abr. 2022.

WMO. World Meteorological Organization. Disponível em: <https://bit.ly/3XT7Lfh>. Acesso em: 27 abr. 2022.

WMO. World Meteorological Organization. **International Cloud Atlas Manual on the Observation of Clouds and Other Meteors**. WMO-No. 407. Disponível em: <https://bit.ly/4gE1Xhh>. Acesso em: 27 abr. 2022.



## CAPÍTULO 8

# **ONDE ESTÃO AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR?**

*Darlan da Conceição Neves*

*Roberto Greco*

*Ercília Torres Steinke*

Neste capítulo, você vai conhecer um pouco sobre os fatores que interferem na escolha dos conteúdos de ensino e das perspectivas de ensino-aprendizagem por meio da visitação à Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Essa discussão serve como base para verificarmos como o tema das mudanças climáticas aparece nesse documento norteador, buscando avaliar as implicações para o processo educacional.

### **Introdução**

As mudanças climáticas, como este livro apresenta, movimentam um conjunto de questões interdisciplinares, pois sugerem que o tema, na escola, seja conteúdo gerador de novas aprendizagens, atividades, valores e atitudes que contribuam para a formação escolar e cidadã de nossas alunas e alunos. Nesse sentido, entendê-las do ponto de vista da complexidade e multiescalaridade, relacionando questões sociais aos processos naturais, enriquece tanto a prática docente, quanto o saber que se quer construir no espaço da escola. Mais importante que localizar e discutir a pertinência das mudanças climáticas como conteúdo escolar, é discutir o lugar social que as questões que envolvem a relação entre sociedade e natureza adquirem na BNCC.

O objetivo deste texto é, portanto, analisar criticamente, a partir das contribuições da Análise de Discurso Crítica, com base nas formulações teórico-metodológicas de Fairclough (2016), Resende e Ramalho (2014) e Vieira e Resende (2016), o tema das mudanças climáticas na BNCC em três versões, uma vez que esse documento, de abrangência nacional, em tese indica e autoriza o que pode e deve ser ensinado na escola.

Obviamente, a relatividade desta autorização, ou seja, do como e o que ensinar, perpassa pela sua realização nas escolas brasileiras, com suas

demandas próprias e contextualizadas. Nesse sentido, haverá sempre um conflito entre a prescrição curricular e o que de fato acontece na escola.

Se a mudança global dos climas implica novas formas de negociação entre diferentes grupos sociais em suas escalas de atuação e interesse, por outro lado, no contexto da escola, o tema deverá ser negociado com a coletividade, pois, para o professor, será um conteúdo a mais a ser trabalhado nas aulas. Afinal de contas, todos os conteúdos são importantes quando destinados à formação cidadã.

Como se sabe, o que se escolhe enquanto conteúdo escolar perpassa por diferentes “geometrias de poder”. Seja o espaço dos livros didáticos, dos planos de ensino ou dos currículos estaduais ou municipais, há sempre uma seleção da cultura a ser ensinada. A escola como instituição social, está situada em uma constante tensão sobre suas condições de ensino, o que pode afetar a prática docente, a aprendizagem e os interesses da comunidade escolar.

Veremos que as discussões a respeito das mudanças climáticas, na BNCC, aparecem de forma muito sutil. A referência ao tema é encontrada apenas na área de Ciências Naturais, porém, de modo pouco explorado, no campo da educação ambiental. Não há menção a um aprofundamento ou ênfase, por meio da qual seja possível elaborar um projeto escolar que possa ser desenvolvido, considerando seu território, bem como as necessidades locais de adaptação ou atenuação de impactos na comunidade.

## **O inacabamento do currículo como um território em disputas**

Assume-se que o currículo é, por excelência, um espaço do dizer. O que vai ser dito depende de um conjunto de fatores políticos, econômicos, culturais, pedagógicos etc. Esse conjunto supõe relações entre grupos sociais em disputa por este texto/espaço. Nesse sentido, não se pode reduzir o currículo a um cabedal de conteúdos transmissíveis, mas, sobretudo, concebê-lo como um conjunto de conhecimentos capazes de orientar um projeto de educação, de sociedade. Devido a isso a dimensão política das relações sociais lhe é constitutiva.

Como na educação nunca se aprende sobre absolutamente tudo, sobre toda a cultura humana, com maior ou menor ênfase, entre apagamentos ou visibilidades, será sempre preciso definir o que vai ser ensinado. Daí Sacristán (1998, p. 124) falar que “o primeiro problema curricular tem um significado social e político”. Os embates de grupos

antagônicos estão justamente nessa definição sobre o que e como ensinar, um jogo político complexo, inacabado e aberto.

A BNCC não foge a essa regra, uma vez que, de acordo com Gontijo (2015), sua demanda consta mesmo na Constituição Federal de 1988, na Lei de Diretrizes Bases da Educação (Lei nº 9.394/96), no Plano Nacional de Educação (2014) e nas Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Básica (2013).

A BNCC foi elaborada em várias etapas, sendo que nas duas primeiras versões não havia a inserção da perspectiva de ensino por meio do desenvolvimento de habilidades e competências, observada somente a partir da terceira versão do documento.

Uma vez que essa demanda não é nova, caberia então definir os termos de sua produção, ou mesmo de sua negociação, de modo que diferentes interesses pudessem ser atendidos. E sobre o jogo político da construção de um currículo que, no nosso caso, tem a escala nacional a sua abrangência, Sacristán (1998, p. 124-125) faz pertinentes problematizações:

O que ensinar, ou que valores, atitudes e conhecimentos estão implicados nos objetivos [de ensinar]? [...] Quem está autorizado a participar nas decisões do conteúdo [e dos objetivos] da escolaridade? [...] Esses conhecimentos servem a quais interesses? [...] Quem deve definir o que é êxito e o que é fracasso?

Note que este autor apresenta questionamentos pertinentes para investigação e compreensão do jogo político na produção do currículo. Assim, para Sacristán (1998), a produção de um currículo não pode passar sem considerar quem são os grupos que participarão ou não, quem terá voz ou não; quais conhecimentos serão incluídos e excluídos; quais formas de ensinar serão privilegiadas e quais serão desprezadas.

Perceba-se, também, que a última questão posta por Sacristán (1998) evidencia quem define o que se considera como sucesso ou fracasso em termos de desempenho. Bem ou mal, estes são definidos por terceiros distantes do sujeito da aprendizagem. As metas a cumprir lhes são externas e estranhas, e na maioria das vezes, são definidas à revelia da própria escola, o que pode trazer inúmeros conflitos para a comunidade escolar ou mesmo o próprio esvaziamento/apagão do ato pedagógico e da formação cidadã (Katuta, 2019).

De acordo com Neira, Alviano Júnior e Almeida (2016, p. 32),

a BNCC, ao menos na sua primeira e segunda versões, foi concebida como um ponto de partida e não um currículo mínimo. Seu intuito era apoiar os sistemas na calibragem das propostas existentes. Não se tratava de uma relação de conteúdos a serem ensinados obrigatoriamente em todas as escolas. Na sua concepção inicial, a ideia era que o texto se tornasse um material de apoio para a elaboração de propostas estaduais, municipais, da rede privada e de cada unidade escolar. Ela poderia inspirar professores e professoras a pensarem em objetivos que se coadunam com as intenções educativas da escola, definidas coletivamente e com a participação da comunidade.

O que esses autores fazem ver é o grau de abertura que o texto da BNCC nas duas primeiras versões apresentava. Mas, devido à tradição conteudista e conservadora no qual o projeto estava situado, a primeira versão teve sua legitimidade questionada. Assim, os autores comentam que houve nova consulta pública e a segunda versão teve ampla participação da sociedade.

A segunda versão da BNCC (2016) apresentou um conjunto de objetivos de aprendizagens, o que tornaria possível definir melhor o projeto de educação. Neira, Alviano Júnior e Almeida (2016) ressaltam que havia demandas sociais presentes nesse momento e que a preocupação era com a diversidade social, no sentido de que o texto da Base fosse o mais aberto, possível e acolhedor. Observe o que comentam a este respeito:

[...] o intuito de produzir um documento que fosse reconhecido pelos sistemas e que estabelecesse um diálogo com as vertentes contemporâneas da teorização curricular, visíveis na tentativa de incorporar a diversidade cultural, religiosa, de gênero etc., própria de um país com dimensões continentais, desvencilhando-se assim de uma tendência que privilegiava manifestações euro-estadunidenses em detrimento das indígenas, quilombolas, afro-brasileiras etc. Outra constatação possível é a identificação, em vários momentos, da preocupação, por parte dos especialistas, com a democracia, justiça social, diálogo e inclusão (Neira; Alviano Júnior; Almeida, 2016, p. 34-35).

Enquanto o texto das duas versões, de 2015 e 2016, tinha um grau de abertura considerado bastante progressista e democrático, a terceira versão da BNCC, de 2017, apresenta uma profunda inflexão (Peroni; Caetano; Arelaro, 2019; Macedo, 2019). Fato que se destaca é, justamente, o jogo político que limitou drasticamente o avanço na terceira versão do documento.

De acordo com Giroto (2017), a BNCC compreende uma continuidade das políticas educacionais neoliberais que estão em vigência desde a publicação dos PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais), na década de 1990, no Brasil. Para o autor, essa continuidade tem a ver com a padronização do ensino, com a vinculação da educação brasileira a avaliações educacionais externas (Pisa), e as de amplitude nacional, tais como Prova Brasil, Saeb e Enem, que norteariam o que tem sido colocado enquanto “qualidade da educação”, definidas principalmente pelo Banco Mundial, mas não somente. Uma lógica considerada gerencialista que atravessa outros setores da vida pública. De acordo com o autor,

além do Banco Mundial, duas entidades representantes do setor empresarial brasileiro estão na frente da defesa da BNCC. Tratam-se do movimento “Todos pela Educação”, capitaneado pelos Grupos Itaú, Gerdau e Fundação Roberto Marinho e da “Fundação Lehman”, do empresário brasileiro Jorge Paulo Lehman. O que une estes dois grupos é a difusão de uma concepção empresarial de educação, pautada no discurso do capital humano e na relação simplista entre desenvolvimento da educação e crescimento econômico. O que mais chama atenção é que nas equipes de técnicos que compõem estes dois grupos a ausência de professores da educação básica é evidente. Destacam-se profissionais da gestão econômica, com experiências no setor privado e em organismos internacionais, entre eles o Banco Mundial (Giroto, 2017, p. 435).

A vinculação da educação brasileira à terceira versão da BNCC, nesse sentido, diz respeito àquilo que lhe é externo: uma métrica que não considera nem a diversidade social dos territórios de um país de dimensões continentais como o Brasil, nem a diversidade de sistemas de ensino, o que geraria mais exclusão e aprofundamento das desigualdades.

É importante ressaltar algumas críticas feitas à segunda versão do texto. De acordo com Gontijo (2015), a divisão em áreas não permitiria uma articulação entre as vertentes do conhecimento. Essa questão alude ao histórico disciplinar das disciplinas escolares, o que torna o conhecimento em permanente fragmentação e especialização. Este fato vai de encontro com as propostas educacionais mais contemporâneas nas quais os alunos devem aprender a pensar criticamente, ir além das interpretações literais e dos modos fragmentados de raciocínio.

Outro ponto considerado importante pela autora é a noção de escrita em detrimento da concepção de produção de textos. A autora considera que se trata de uma instrumentalização técnica que passaria a ocorrer desde a infância, isso às custas do processo criativo da produção textual.

Outra questão posta por Gontijo (2015) está relacionada com a aprendizagem. Para a autora, a definição de objetivos de ensino separa a aprendizagem do ensino, o que ela afirma não ser possível pensar um sem o outro. De fato, as condições mais imediatas do ensino são sempre dadas pela professora ou professor (Leite, 2011), uma relação entre ensino e aprendizagem, tendo sempre vínculo com a cultura da escola e com as práticas que se desenvolvem no espaço escolar.

Já na terceira versão da BNCC, de 2017, propaga-se o discurso da competência (Santos, 2019). Nesse sentido, espera-se formar um sujeito que seja competente para fazer, abrindo espaço para definir diferentes sujeitos em classificações que podem variar entre ser ou não competente. Há aqui uma brecha para a definição do que se considera sucesso e fracasso. Para Macedo (2019), a introdução de competências gerais na BNCC é seu principal marco em contraposição às duas versões anteriores. Para esta autora, a ideia da competência é o “germe da comparação”.

As competências postas na BNCC, como recuperação de um discurso já antigo, são tomadas como algo novo, que supostamente irão constituir as habilidades necessárias para atuar na sociedade e enfrentar as demandas atuais, embora não se saiba do que se tratam tais demandas. Se normalmente as competências estão associadas ao saber fazer, como coloca Santos (2020) é interessante observar que a colonização da mente também se faz presente ao propor o desenvolvimento de competências socioemocionais, voltadas à formação do sujeito moral (Macedo, 2019).

De acordo com Han (2018), após a sociedade disciplinar, discutida por Foucault, o neoliberalismo estaria colonizando a mente, a *psique*. Para autor, o controle antes exercido de fora para dentro, atualmente, seria feito pelo próprio sujeito, ou seja, o controle interno seria capitaneado internamente, uma vez que a responsabilidade do sucesso ou fracasso teria se transformado ou colocado para responsabilidade individual.

Para Han (2018), na fase atual, o neoliberalismo atuaria de forma sutil. Explora-se a liberdade, a exposição e a ação voluntárias, pois segundo ele, a violência deliberada da sociedade disciplinar não seria tão mais eficiente hoje.

Ineficiente é todo poder disciplinar que, com grande esforço, aperta violentamente as pessoas com um espartilho de ordens e proibições. Muito mais eficiente é a técnica de poder que faz com que as pessoas se submetam ao contexto de dominação por si mesmas. Essa técnica busca ativar, motivar e otimizar, não obstruir ou oprimir. A particularidade da sua eficiência está no fato de que não age através da proibição e da suspensão, mas através do agrado e da satisfação. Em vez de tornar as pessoas obedientes, tenta deixá-las dependentes (Han, 2018, p. 26).

Assim, a exploração dos afetos e sentimentos como marca momentânea pelo capital, para Han (2018), tem a função de mobilizar um desempenho mais rápido do que os sentimentos que possui uma “velocidade” muito mais lenta e durabilidade. Ou seja, as competências socioemocionais que já têm sido, há algum tempo, presentes no círculo empresarial, tem sido uma importante prerrogativa colocada nas políticas educacionais como um gerenciamento de si mesmo desde a infância, um controle interno sem a presença coercitiva da sociedade disciplinar.

As linhas descritas acima não têm a pretensão de abarcar a totalidade das críticas e das brechas que a BNCC tem colocado. Esse não é o objetivo deste texto. Mas é preciso compreender que o contraditório precisa ser utilizado para que seja possível analisar as contradições do contexto de produção do documento. Nesse sentido, é importante compreender que o texto não tem como propósito fazer ecoar um certo pessimismo com relação ao texto da Base, muito menos desconsidera-se que seria inviável uma proposta curricular que seja mais universal. Não.

A presente discussão resgata a crítica que é necessária em um contexto e momento que se atravessa a realidade nacional de mudanças políticas profundas e que tem trazido implicações para as políticas educacionais em diferentes escalas. Isso torna a compreensão da BNCC um tanto mais complexa. Uma leitura simplista ou superficial prescinde das condições de produção deste importante material. Assim, além do contexto político das disputas, algo que brevemente foi apresentado aqui, é imprescindível um mergulho, de fato, nas linhas da BNCC para relacionar o dito e o não dito.

A seguir, apresenta-se a base teórico-metodológica que sustenta a análise apresentada acerca do lugar que as mudanças climáticas ocupam na BNCC.

## **O percurso metodológico: a análise de discurso crítica – teoria e metodologia**

Considerando que a BNCC é um texto específico que faz circular sentidos que podem ter efeitos sociais, tomou-se o discurso como objeto de investigação do texto da Base devido ao seu caráter poderoso que traz pistas sobre como a linguagem evidencia as disputas pelo controle do que dizer no contexto das políticas educacionais. A análise foi realizada por meio de pesquisa documental a partir dos pressupostos da Análise de Discurso Crítica (ADC).

A partir da perspectiva adotada, faz-se importante definir o conceito de discurso. Para Fairclough (2016), o discurso apresenta-se como o uso da linguagem como prática social. Assim afirma o autor:

O discurso contribui para a constituição de todas as dimensões de estrutura social que, direta ou indiretamente, o moldam e o restringem: suas próprias normas e convenções, como também relações, identidades e instituições que lhe são subjacentes. O discurso é uma prática, não apenas de representação do mundo, mas de significação do mundo, constituindo e construindo o mundo em significado (Fairclough, 2016, p. 95).

De acordo com Vieira e Resende (2016, p. 14), “a Análise de Discurso Crítica, em um sentido amplo, refere-se a um conjunto de abordagens científicas interdisciplinares para estudos críticos da linguagem como prática social”. As autoras mencionam que a ideia é fornecer suporte científico para que problemas sociais sejam investigados, com relação ao poder como controle.

Nesse sentido, Fairclough (2016) afirma que problemas sociais podem ser analisados pelo viés do discurso, uma vez que, tais problemas na própria vida material em sociedade, têm a dimensão discursiva que os constitui. O foco desta perspectiva é que a linguagem é operada para reproduzir, dominar ou transformar situações de poder e dominação em relações sociais assimétricas. O foco na análise de textos não se limita a esses, uma vez que a perspectiva multidisciplinar da ADC – que dialoga com as Ciências Sociais, permite que outros materiais possam ser investigados, tais como entrevistas, imagens, canções, notícias da imprensa, materiais didáticos, depoimentos entre outros.

É precisamente isso o que justifica o fato de a ADC não pesquisar a linguagem como sistema semiótico nem como textos isolados, mas, sim, o discurso, entendido como um momento, uma parte, digamos assim,

de toda prática social. Esse conceito complexo de discurso nos permite, em pesquisas situadas, compreender o uso da linguagem como ancorado em estruturas semióticas e sociais, sem perder de vista a flexibilidade dos eventos comunicativos, que permite a criatividade na produção de textos (Vieira; Resende, 2016, p. 16).

Fairclough (2016) apresenta o modelo tridimensional para investigar o discurso em práticas situadas. Assim, na ADC, toma-se o discurso como texto, como prática discursiva e como prática social. Nesse sentido, investiga-se o texto a partir do repertório linguístico utilizado nas produções textuais, ao analisar escolhas de palavras, frases, orações, vocabulário etc., enquanto meio material do dizer.

De acordo com Magalhães, Martins e Resende (2017), falar em práticas sociais supõe compreender as relações contextuais e suas implicações, com respeito às dinâmicas de poder a partir das relações assimétricas nas quais consideram-se as posições sociais, as instituições que sustentam tais práticas, o movimento da sociedade e os mecanismos de (re)produção e transformação social.

Já as práticas discursivas dizem respeito ao uso da linguagem nas práticas sociais. Pois como diz Fairclough (2016), a atividade material, em sua maioria, carrega consigo a dimensão discursiva. A relação é dialética: as práticas sociais são constituídas de linguagem e esta é construída naquelas.

As práticas discursivas envolvem uma diversidade de elementos: os textos e seus tipos, os gêneros discursivos, os níveis de linguagem, as escolhas lexicais, as figuras de linguagem, etc. Para cada situação, um determinado uso de linguagem será mais apropriado e desejado que outros. Ao longo do tempo, cada instituição foi criando, recriando e consolidando seus próprios gêneros, gerando padrões, tipos e modos de usar a linguagem. Para cada situação, costuma haver gêneros e textos paradigmáticos e toda uma configuração imaginada de contexto: expectativas e procedimentos relacionados (Magalhães; Martins; Resende, 2017, p. 139).

O discurso como prática discursiva se preocupa, portanto, em analisar as formas como textos são produzidos em diferentes contextos (atividades humanas da criação ideológica) (Volóchinov, 2017), onde circulam e por quem são consumidos (processos sociais de interpretação).

A ADC afirma que discursos são produzidos em contextos particulares e que, como prática social estão localizados entre as estruturas que são potenciais do fazer/agir social e dos eventos discursivos (textos), materiais em-

píricos resultantes das práticas discursivas. Há nesta perspectiva uma relação dialética entre potencial do agir e prática efetiva, uma vez que as estruturas não determinam o que dizer (potencial semiótico), embora não se descarte suas restrições, mas também as ações individuais não podem agir livremente, mas há uma possibilidade de ação criativa na escala do sujeito ou do grupo. O discurso também se relaciona com outras dimensões da vida: fenômeno mental, o discurso particular, a atividade material e as relações sociais.

Os discursos estão situados no que em ADC se chama de “ordem do discurso” (gênero, discurso e estilo), termo proveniente dos estudos de Michel Foucault que orienta a produção discursiva e sua forma de ação/ interação, representação e identificação em práticas sociais situadas. Vieira e Resende (2016, p. 18-19, grifos no original) informam que,

ao fazermos uso da linguagem em nossas vidas cotidianas, recorreremos a maneiras particulares de *representar*, de *agir* e *interagir* e de *identificarmos* o mundo e a nós mesmos/as. Isto é, assim, como todas as outras pessoas – cada qual com suas particularidades e em seu contexto histórico, político, cultural –, lançamos mão de **discursos**, **gêneros** e **estilos** específicos, em dadas situações sociais também específicas.

O que as autoras informam é que, a linguagem em uso é o discurso como prática social. Nas formas particulares de representação sociais do mundo (o discurso particular), usamos diferentes formas de dizer (os gêneros do discurso), por meio de usos particulares do potencial semiótico e linguístico (estilo).

Com base na Linguística Sistêmico Funcional, a linguagem adquire funções (Fairclough, 2016). Essas, como mostram Resende e Ramalho (2014), têm a ver com os significados do discurso, relacionados aos elementos da ordem (discurso, gênero e estilo). Esses significados respectivamente são, acional/relacional, representacional e o identificacional. Veja cada um desses:

O **significado acional/relacional** do discurso, relativo a modos de (inter)agir discursivamente, a gêneros. O **significado representacional**, ligado a maneiras particulares de representar aspectos do mundo, é associado a discursos. O **significado identificacional**, por sua vez, relativo a maneiras de identificar(-se), associa-se a estilos (Vieira; Resende, 2016, p. 52, grifos no original).

A partir da recontextualização da obra *Arqueologia do Saber*, de Michel Foucault, Fairclough (2016) redesenhou algumas questões que envolvem

a linguagem à ADC. Sobre isso, Vieira e Resende (2016) informam que o significado acional ou relacional tem a ver com o eixo do poder, aquele por meio do qual as relações sociais são construídas ou desenhadas. Ou seja, na ADC é relevante compreender a forma com o discurso se relaciona com as pessoas, as posições sociais que são construídas discursivamente, como pode marcar diferentes posições do “eu” e do “outro” em relações assimétricas.

O significado representacional, apontam as autoras, diz respeito ao eixo do saber, quer dizer, com as formas de controle e acesso ao conhecimento, bem como o que é dito ou que se pode dizer sobre algo ou sobre alguém, ou mesmo sobre as coisas do mundo em determinados espaços. Assim, é importante investigar as condições da produção do conhecimento sobre os objetos, fenômenos, instituições, pessoas etc., e em quais filiações político-ideológicas essas representações estão associadas.

O significado identificacional, como informam Vieira e Resende (2016) possui relação com as formas de identificação do eu e do outro, no sentido da construção de identidades sociais e individuais, as relações consigo mesmo e com o sujeito moral.

A ADC desenvolveu e estruturou categorias de análise para análise de textos diversos, entre as quais a “avaliação” foi aqui utilizada. De acordo com Vieira e Resende (2016, p. 121),

a avaliação é, em princípio, uma categoria identificacional, moldada por estilos. São apreciações ou perspectivas do locutor, mais ou menos explícitas, sobre aspectos do mundo, sobre o que considera bom ou ruim, ou o que deseja ou não, e assim por diante.

É interessante observar que as avaliações apresentadas pelo(a) produtor(a) de texto dão indícios sobre sua posição frente às desigualdades e às distribuições de poder, riqueza e acesso a bens culturais por exemplo. Nesse sentido, a avaliação, como aponta Fairclough (2016), pode revelar diferentes graus de comprometimento sobre o que se diz. Sentidos de textos que apresentam determinadas avaliações podem causar efeitos sociais de reprodução de relações de dominação ou incentivar a mudança social.

De acordo com Vieira e Resende (2016), as avaliações podem ser: *avaliações afirmativas*, *afirmações com modalidades deônticas*, *avaliações afetivas* e *presunções avaliativas*. De acordo com as autoras, as avaliações carregam em si aspectos particulares, subjetivos, psicológicos, materiais e são contextualmente situadas, de modo que é preciso considerar o contexto de

produção do discurso, a posição social de quem enuncia, bem como a esfera de atividade humana na qual os textos são produzidos.

A partir dessas considerações teóricas, a proposição metodológica foi encaminhada para identificar um problema social, o contexto de sua produção, avaliação das condições existenciais e a proposição de formas de superação, nos termos da mudança social. Nesse sentido, decidiu-se localizar a ocorrência das expressões “mudanças climáticas”, “alterações climáticas”, “aquecimento global”, “efeito estufa”, “combustíveis fósseis”, entre outros conceitos mais correntes quando se trata do tema em diferentes formas da comunicação discursiva. Assim, optou-se, além de localizar, analisar e avaliar a posição ocupada nas três versões do documento, de 2015, 2016 e 2017. O contexto de produção é o processo de construção da BNCC, foco de disputas e tensões sobre o que ser, como ser e como agir no processo de ensino-aprendizagem.

A escolha das três versões justifica-se por compreender a necessidade de avaliar o percurso do tema ao longo de sua construção até sua versão final. Assim, poderíamos, como foi verificado, compreender as formas de inclusão e exclusão do tema, sua ocorrência e situação contextual no processo de ensino-aprendizagem.

## **Como as mudanças climáticas aparecem na BNCC**

A Tabela 1 apresenta os dados referentes à ocorrência de alguns dos termos mais comuns quando se trata das mudanças climáticas. Como os dados fazem ver, há uma quantidade mínima com relação a ocorrência da problemática das mudanças climáticas nas três versões da BNCC e dos conceitos que são trabalhados na escola, pois havia a ideia de não mencionar o que ensinar, para que o documento não adquirisse um caráter prescritivo. Por outro lado, a inclusão de objetivos de aprendizagem pode sugerir uma inclinação conteudista.

O objetivo de mostrar quantitativamente essa ocorrência de palavras é justamente como forma de evidenciar os processos de seleção e exclusão da palavra e a realidade a que faz referência.

Agora de modo mais específico, focaremos nossa análise em: “mudanças climáticas/alterações climáticas”, “aquecimento global”, “efeito estufa” e “combustíveis fósseis”.

	VERSÃO 1	VERSÃO 2	VERSÃO 3
Mudanças climáticas	3	8	0
Alterações climáticas	2	3	1
Aquecimento global	3	2	1
Efeito estufa	7	5	3
Combustíveis fósseis	3	2	1
Meio ambiente	12	12	4
Emissões	2	0	0
Desmatamento	0	1	1
Queimadas	0	1	1
Poluição atmosférica	0	0	0
Poluição do ar	1	12	0
Degradação ambiental	0	35	1
Eventos extremos	0	0	0
Extremos climáticos	0	0	0
Adaptação	9	7	4
Mitigação	1	0	0

**Tabela 1. Ocorrência de conceitos relacionados às mudanças climáticas nas três versões da BNCC**

Fonte: Brasil (2015; 2016; 2017). Organizada pelos autores.

A escolha dos dois primeiros termos se deve ao fato de verificar se o debate sobre a problemática está atualizado. Entende-se por atualização conceitual o contexto de sua produção, o que requer um olhar que inclua processos naturais e sociais e suas formas possíveis de tematização com a atualidade (associação com temáticas diversas). Assim, o objetivo era verificar se o tema das mudanças climáticas em suas variações aludia a contextos naturais, sociais ou ambos.

Ao escolher verificar a ocorrência dos termos de “aquecimento global” e “efeito estufa”, objetivava-se identificar se o texto apresenta uma “memória discursiva” do tema, isto é, algo que vem circulando e que permanece no imaginário social sobre a questão, como essa memória vindo sendo atualizada no conteúdo. Em outras palavras, a intenção era saber de que maneira os termos apresentavam e se incluíam a dimensão humana na mudança global dos climas ou se tendia permanecer como “fenômenos naturais”, se se pensava o cuidado apenas do meio ambiente destituído do olhar para os processos sociais.

Já combustíveis fósseis foi inserido para atestar a presença de atividades humanas, se de forma geral ou específica, em termos de produção capitalista e sua relação com mudanças climáticas.

A escolha desses termos mostra o recorte de análise realizado. Embora se saiba que há outros termos que são constitutivos da problemática das mudanças climáticas, preferiu-se reduzir esse quadro contextual, pois se trata da abordagem mais corrente, tanto em livros didáticos, como em documentos legais destinados à política educacional curricular. Nestes termos, preferiu-se uma avaliação profundamente qualitativa das palavras.

Os dados da Tabela 1 mostram informações importantes que merecem discussão. A primeira questão é a diminuição das ocorrências na terceira versão da BNCC. A problemática das mudanças climáticas apresenta um claro exemplo de apagamento. De 3 ocorrências na primeira versão, passa para 8 na segunda e zero na terceira. Alterações climáticas, aquecimento global e efeito estufa apresentam-se de modo semelhante.

É importante salientar que, de acordo com Neira, Alviano Júnior e Almeida (2016), a BNCC, em sua primeira versão, não tinha o objetivo de ser um currículo nacional prescritivo com conteúdos e objetivos de ensino. Fato que se evidencia, nas palavras dos autores era que o importante era que o texto base servisse de suporte para a produção de currículos locais. Daí endereçar-se em apresentar uma discussão mais ampla sobre a educação, a escola e os sujeitos da comunidade escolar. Vejam, no Quadro 1, os contextos, os meios pelos quais os termos são apresentados e o lugar que esses ocupam na primeira versão da BNCC.

**BCNN versão 1**

	<b>VERSÃO 1</b>
Mudanças climáticas	<p>(Trecho 1) Esta unidade busca a compreensão de características do planeta Terra, sua localização no universo, suas origens e a história da vida na Terra. Situa a Terra como um planeta singular com suas esferas concêntricas do núcleo interior à atmosfera, bem como sua peculiar distribuição entre oceanos e continentes como parte de uma litosfera fragmentada em placas e em movimento. Trata do papel da atmosfera no equilíbrio energético da Terra, considerando o intercâmbio de energia e matéria com o resto do sistema solar. Além disso, aborda as relações que se estabelecem entre corpos celestes, considerando fenômenos como forças que atuam entre corpos. Assim, exploram-se algumas questões, tais como: quais movimentos ocorrem no/com o planeta Terra e qual é sua relação com fenômenos como o dia e a noite, as estações do ano e as marés? Como o ser humano tem compreendido e investigado a Terra e o sistema solar ao longo da história da humanidade? Do que é composta a atmosfera de nosso planeta e quais suas propriedades? Como características da atmosfera, hidrosfera, biosfera e litosfera de nosso planeta mantêm e se transformam ao longo da história da Terra? Como as atividades humanas e o uso e a produção de bens tecnológicos afetam e dependem dessas características, a exemplo das <b>mudanças climáticas</b>? (p. 159)</p>
	<p>(Trecho 2) Estudar Química na escola ajuda o jovem a tornar-se mais bem informado, mais preparado para argumentar, para posicionar-se frente a questões e situações sociais que envolvem conhecimentos da Química. As <b>mudanças climáticas</b> e o efeito estufa, o uso de feromônios como alternativa aos agrotóxicos no combate as pragas agrícolas, a necessidade de informações sobre a presença de transgênicos em rótulos de alimentos e os custos ambientais das minerações são apenas alguns exemplos de assuntos em que o conhecimento químico é vital para que o/a estudante possa posicionar-se e tomar decisões com consciência (p. 221).</p>
	<p>(Trecho 3) Compreender implicações do uso de produtos pelos seres humanos que interferem na atmosfera e na vida terrestre. Exemplo: Compreensão da relação dos <b>gases do efeito estufa</b> com as <b>mudanças climáticas</b>, de temperatura; da alteração da incidência de radiação ultravioleta sobre a superfície terrestre em função dos gases que reagem com o ozônio na atmosfera (p. 183).</p>

**Quadro 1. Ocorrência do conceito de mudanças climáticas**

Fonte: Brasil (2015, grifos nossos).

O Trecho 1 faz ver que o contexto de aprendizagem está voltado aos aspectos físicos da Terra. Nesse sentido, as mudanças climáticas são apresentadas como um exemplo de exercício e não como uma problemática que questiona as atividades humanas em um contexto de relação entre sociedades capitalistas e mudanças ambientais ou do clima. Esta alusão localiza-se no componente curricular da área de Ciências da Natureza.

Pertence à unidade de conhecimento “Terra, constituição e movimento”, das sete unidades definidas para a organização dos conteúdos. Essas unidades temáticas fazem parte do ensino fundamental.

Enquanto o primeiro trecho está direcionado ao conhecimento mais geral sobre o planeta Terra no ensino fundamental, o Trecho 2 está voltado à aprendizagem de conteúdos que devem fazer sentido para o aluno, dentro do seu contexto diário. Sugere-se uma mudança de atitude por parte do sujeito da aprendizagem no ensino médio, a partir do conhecimento adquirido. Parece indicar um conhecimento que seja útil para direcionar tomadas de decisão na vida cotidiana.

As mudanças climáticas não representam no texto uma problemática, mas como mais um conteúdo que se insere em um cabedal que pode ser explorado nas aulas de Química. Aparecem, assim, como um pressuposto largamente conhecido. Neste breve sumário aparecem outros temas concernentes à problemática ambiental (poluição, lixo etc.). O que se nota é a não problematização da própria questão ambiental, esta aparece de forma tácita e indireta (como problemas urbanos), que precisa ser investigada com vistas à mudança de consciência e ação individual. Dito de outra forma, o texto inclina-se para uma mudança comportamental e moral do sujeito e não para sua formação crítica, que compreende entender a essência desses problemas.

O Trecho 3 no qual aparecem as mudanças climáticas, situam-nas no desenvolvimento de competências sobre como as atividades humanas interferem na atmosfera. Esse trecho não deixa claro o foco da aprendizagem; parece sugerir uma coisa e outra, mas sem problematizar a situação na qual as mudanças climáticas são evocadas. Desta forma, deixa livre para que o docente ou os produtores de currículos e livros didáticos tematizem o conteúdo ao seu modo. Ocorre, então, como linhas gerais de uma suposta orientação aberta. Embora o texto sugira uma compreensão dos produtos usados pelas atividades humanas como marca transformadora da qualidade do ambiente, não são apresentadas nem representadas quais são essas atividades nem tais produtos, bem como o contexto histórico, cultural e espacial que poderiam ser investigadas.

Agora, veja como aparece o termo de “alterações climáticas” na primeira versão da BNCC.

<b>VERSÃO 1</b>	
Alterações climáticas	(Trecho 4) Nesta unidade serão estudadas questões relacionadas ao ambiente, a seus recursos e a responsabilidade de seu uso, caracterizando os fenômenos e as interações de organismos com o ambiente, bem como as implicações causadas pelo uso de produtos tecnológicos quanto às <b>alterações climáticas</b> , de temperatura e de radiação que atingem a superfície terrestre. Contempla, também, o entendimento das relações de diferentes populações humanas em nosso planeta, em tempos e lugares distintos, quanto à utilização de recursos naturais e impactos causados e a adoção de alternativas sustentáveis que perpassem, desde a mudança de atitudes individuais e coletivas até a aplicação do conhecimento científico para o desenvolvimento de tecnologias sociais sustentáveis (p. 158).
	(Trecho 5) Investigar as principais implicações causadas pelo uso de produtos tecnológicos quanto às <b>alterações climáticas</b> , de temperatura e de radiação que atingem a superfície terrestre. Exemplo: Busca de informações sobre substâncias que causam o efeito estufa, comparação da contribuição relativa de cada uma dessas substâncias no aumento do efeito estufa, proposição de soluções para a minimização do problema (p. 183).

### **Quadro 2. Ocorrência do termo de alterações climáticas**

Fonte: Brasil (2015, grifos nossos).

O texto não faz distinção entre mudança e alteração climática. Mas, pelo contexto, em nada modifica o seu significado. O que é interessante salientar no Trecho 4 é a posição que ele ocupa no processo de ensino-aprendizagem. A dimensão crítica desta aparece no reconhecimento de que há responsabilidade sobre o uso do ambiente e dos produtos tecnológicos. O trecho está localizado na unidade “Ambientes, recursos e responsabilidades”, o que já evoca a dimensão ética da ação.

O segundo ponto é a natureza da relação entre grupos diversos no que tange aos recursos naturais, considerando tempos e espaços distintos. Sugere, desta forma, um olhar para a multiplicidade das possibilidades de ação, do uso, do controle e acesso daqueles. Contempla, portanto, uma certa abertura à problematização e a uma investigação que leve a compreender as desigualdades das relações entre sociedades e entre essas com o ambiente.

Já o Trecho 5 destina-se à prática, ao desenvolvimento da ação investigativa, no sentido de buscar informações que tratem das causas do efeito estufa. Esta habilidade relaciona-se ao saber fazer, saber procurar informações, organizar dados ou tudo aquilo que seja capaz de mostrar uma dada realidade.

Como já citado, o objetivo da inclusão desse conceito diz respeito à memória discursiva na qual se instaurou sobre a questão das mudanças

climáticas. O aquecimento global é um conteúdo recorrente quando se trata de aprender sobre problemas ambientais. A questão é avaliar a sua atualização contextual na BNCC. Observe o Quadro 3:

	VERSÃO 1
Aquecimento global	(Trecho 6) Interpretar comunicações presentes em diversas mídias sobre problemas ambientais. Exemplo: Interpretação de infográficos que apresentam informações sobre <b>aquecimento global</b> , e de gráficos sobre o aumento da concentração de gás carbônico na atmosfera ao longo do tempo. Leitura de textos de divulgação sobre problemas ambientais (p. 183).
	(Trecho 7) Identificar as fontes de energia na Terra e o caráter irreversível de suas transformações, bem como a utilização dessas fontes e suas <b>consequências</b> ambientais, <b>climáticas</b> e sociais, posicionando-se em relação à necessidade de soluções adequadas para a sustentabilidade do planeta Terra. Exemplo: Sol e geotermia como fontes primárias da energia na Terra; porcentagem de energia do Sol que atinge a superfície da Terra e as transformações que ocorrem ao atingi-la; formação de fontes de energia como petróleo e carvão mineral ( <b>combustíveis fósseis</b> ); usinas hidroelétricas, termoeletricas e nucleares; energia solar (placas) e eólica; biomassa; comparação da matriz e energética e consumo de vários países. Consequências como a intensificação do <b>efeito estufa</b> ; mudanças na camada de ozônio; chuva ácida; ilhas de calor; <b>aquecimento global</b> ; propostas de aumento de fontes renováveis de energia, de acordo com as possibilidades e contextos de cada região (p. 211-212).
	(Trecho 8) Compreender os processos que contribuem para o aumento do <b>efeito estufa</b> , relacioná-los à queima de <b>combustíveis fósseis</b> , ao consumo desigual de energia de diferentes países e ao <b>aquecimento global</b> . Exemplo: <b>Gases estufa</b> e o efeito do aumento de sua concentração sobre o clima da Terra, <b>efeitos da queima de combustíveis fósseis</b> sobre o aumento da concentração de gás carbônico; outros <b>gases estufa</b> (metano, ozônio, óxido nitroso etc.); consumo diferenciado de energia por diferentes países e suas implicações para o meio ambiente, medidas que podem ser tomadas para <b>minimizar a emissão de gases estufa</b> , discussão dos motivos da aceitação ou não de acordos internacionais (ex. Protocolo de Kyoto) por diferentes países (p. 231).

**Quadro 3. Ocorrência dos conceitos de aquecimento global, efeito estufa e combustíveis fósseis**

Fonte: Brasil (2015, grifos nossos).

O Trecho 6 está inserido no contexto das habilidades a serem desenvolvidas (interpretação de infográficos). Ou seja, direciona-se ao saber fazer e saber ler as informações multimodais em diferentes textos dessa natureza. Algo que requer uma leitura não linear como se propõe ao texto verbal. Aqui

exige-se mais do aluno. O que o texto sugere é que ele seja um leitor do conhecimento científico que circula por diferentes mídias. O aquecimento global aparece no contexto dos problemas ambientais no ensino fundamental.

No Trecho 7, tanto o conceito de aquecimento global quanto o de efeito estufa ocorrem no contexto das implicações ambientais no que concerne ao uso das fontes de energia. Assim, tem-se de um lado a aprendizagem das fontes de energia, do outro as consequências ambientais, climáticas e sociais. O texto tende a interpretar ação e dano consequentemente. Ainda sugere uma mudança de atitude (sustentável) para mudar a situação.

Veja-se que o verbo de ação desta habilidade é o “identificar”. Uma ação que, como se sabe, é básica na aprendizagem. Mas é interessante que o texto aponta para pensar diferentes contextos nas quais as fontes de energia são utilizadas, o que vai requerer do aluno um trabalho de múltiplas ações. Nesse sentido, caberia ao docente avaliar se, à dimensão da aprendizagem, serão necessários outros movimentos cognitivos, tais como analisar, comparar, interpretar ou mesmo avaliar.

Em termos de alusão a uma problematização para além da aprendizagem do conteúdo físico e de sua relação mecânica com implicações ambientais, o Trecho 8, que compreende uma competência, parece mais aberto a um trabalho crítico. Note que, além de sugerir compreender os contextos de uso dos combustíveis fósseis, indica o uso desigual desses, o que abre a oportunidade de se trabalhar a desigualdade de uso, acesso e controle das fontes de energia e seus derivados. Em uma escala mundial, pode-se compreender, do ponto de vista da geopolítica, como isso ocorre; do ponto de vista mais físico também, mas mantendo a mesma escala, saber quem mais ou menos tem contribuído para as emissões de gases de efeito estufa.

## **BNCC versão 2**

Passemos agora a analisar a segunda versão da BNCC. Observemos, primeiro, a ocorrência do conceito de mudanças climáticas no Quadro 4 abaixo:

<b>VERSÃO 2</b>	
Mudanças climáticas	<b>Educação ambiental</b>
	(Trecho 9) Há algumas décadas a questão ambiental tem estado em pauta, exigindo que o estado, a sociedade e os governos sejam capazes de formular políticas comprometidas com a sustentabilidade socioambiental. As expectativas em relação a essas políticas vêm sendo expressas repetidamente, em encontros e conferências como, por exemplo, a Conferência de Estocolmo (1972); a “Carta de Belgrado” (1975); a “Primeira Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental”, Tbilisi, na Geórgia (1977); a Rio 92; e a Rio+20 (2012). No entanto, a crescente degradação ambiental, as <b>mudanças climáticas</b> e o aprofundamento das desigualdades sociais indicam que esse é um problema global que ainda carece de superação (p. 51).
	(Trecho 10) Fazer observações e descrever elementos e fenômenos naturais como luz solar, vento, chuva, temperatura, <b>mudanças climáticas</b> , relevo e paisagem (p. 81).
	(Trecho 11) Estudar Química na escola ajuda o jovem a tornar-se mais bem informado, mais preparado para argumentar, para posicionar-se frente a questões e situações sociais que envolvem conhecimentos da Química. As <b>mudanças climáticas</b> e o efeito estufa, o uso de feromônios como alternativa aos agrotóxicos no combate as pragas agrícolas, a necessidade de informações sobre a presença de transgênicos em rótulos de alimentos e os custos ambientais das minerações são apenas alguns exemplos de assuntos em que o conhecimento químico é vital para que o/a estudante possa posicionar-se e tomar decisões com consciência (p. 146).
	(Trecho 12) Do que é composta a atmosfera da Terra e quais suas propriedades? Como características da atmosfera, hidrosfera, biosfera e litosfera da Terra mantêm-se e se transformam ao longo da história? Como as atividades humanas e o uso e a produção de bens tecnológicos afetam e dependem dessas características, a exemplo das <b>mudanças climáticas?</b> (p. 290)
	(Trecho 13) Investigar a interdependência entre os ciclos naturais da água (superficial e subterrâneo) e o padrão de circulação atmosférica e sua importância para formação de solos e da vida na Terra, e seu papel em <b>mudanças climáticas</b> atuais (p. 442).
	(Trecho 14) Relacionar <b>mudanças climáticas</b> em diferentes latitudes, associadas as estações do ano à inclinação do eixo de rotação da Terra, relativamente ao seu plano de translação (p. 445).
	(Trecho 15) Como características da atmosfera, hidrosfera, biosfera e litosfera de nosso planeta mantem-se e se transformam ao longo da história da Terra? Como as atividades humanas e o uso e a produção de bens tecnológicos afetam e dependem dessas características, a exemplo das <b>mudanças climáticas?</b> (p. 445)
(Trecho 16) Estudar Química no Ensino Médio ajuda o jovem a tornar-se mais bem informado, mais preparado para argumentar, para posicionar-se frente a questões e situações sociais que envolvem conhecimentos da Química. As <b>mudanças climáticas</b> e o efeito estufa, o uso de feromônios como alternativa aos agrotóxicos no combate as pragas agrícolas, a necessidade de informações sobre a presença de transgênicos em rótulos de alimentos e os custos ambientais das minerações são apenas alguns exemplos de assuntos em que o conhecimento químico é vital para que o/a estudante possa posicionar-se e tomar decisões com consciência (p. 592).	

**Quadro 4. Ocorrência do conceito de mudanças climáticas na segunda versão da BNCC**

Fonte: Brasil (2016, grifos nossos).

Nota-se aqui uma mudança no contexto da apresentação das mudanças climáticas. Veja-se que o conteúdo está inserido na problematização da realidade social. Apresenta uma abordagem histórica das questões ambientais, perpassada pela ação humana, no sentido da negociação de medidas necessárias para mudanças no quadro ambiental em direção a um futuro mais sustentável.

Essa tematização é totalmente diferente da primeira versão da BNCC, a qual não apresenta qualquer problematização dessa natureza. Como foi analisado, a questão aparece em termos gerais como mais um conteúdo a ser trabalhado. Este aparece de forma dada, sem qualquer questionamento.

Na segunda versão, o tema está associado à educação ambiental, no que o documento classifica como “temas especiais”. Observe o que se diz a respeito:

Os Temas Especiais permitem estabelecer a integração entre os componentes curriculares de uma mesma área do conhecimento e entre as diferentes áreas que organizam a Educação Básica, no contexto da BNCC. Esses temas dizem respeito a questões que atravessam as experiências dos sujeitos em seus contextos de vida e atuação e que, portanto, intervêm em seus processos de construção de identidade e no modo como interagem com outros sujeitos e com o ambiente, posicionando-se ética e criticamente sobre e no mundo. Trata-se, portanto, de temas sociais contemporâneos que contemplam, para além da dimensão cognitiva, as dimensões política, ética e estética da formação dos sujeitos, na perspectiva de uma educação humana integral. Dessa forma sua abordagem nas propostas curriculares objetiva superar a lógica da mera transversalidade, ao se colocarem como estruturantes e contextualizadores dos objetivos de aprendizagem. Os Temas Especiais, de natureza multidisciplinar, perpassam os objetivos de aprendizagem de diversos componentes curriculares, nas diferentes etapas da Educação Básica (Brasil, 2016, p. 47-48).

Note que no texto atribui-se aos temas especiais um caráter integrador intra e entre áreas de conhecimento. Logo, parece assumir uma perspectiva multidisciplinar. Veja, também, que esses temas, segundo o texto, perpassam pela vida cotidiana. Nesse sentido, o texto relaciona conhecimentos com o acontecer diário, para tentar aproximar tais temas à vida do aluno. Na sequência, tenta ampliar e relacioná-los a uma educação integral, o que corresponde a não apenas considerar a dimensão cognitiva do sujeito.

A construção do *ethos* dos temas especiais relacionados ao mundo da vida, isto é, a sua imagem no discurso, no texto, permite interpretá-lo como algo que iria somar a uma aprendizagem voltada para o desenvol-

vimento de diferentes aspectos da vida. No caso, como o texto faz ver, a dimensão do cotidiano e a formação integral são argumentos que buscam o consenso dos leitores e leitoras a sua adesão.

O cotidiano sugere um atravessamento de tais temas às atividades corriqueiras e triviais, e que, segundo o texto, vai exigir uma postura ética do aluno. Já a formação integral tem como objetivo capacitar o aluno para o exercício da cidadania, ao estar em contato com as problemáticas da sociedade contemporânea.

Nota-se, também, que o documento afirma que essa disposição em temas especiais faz parte do cumprimento de diversas leis, que alteraram determinados artigos da LDB, Lei nº 9.394/96, para ampliar o acesso ao conhecimento que trabalha a diversidade social, bem como a própria história da população brasileira.

Neira, Alviano Júnior e Almeida (2016, p. 40) observam o perfil do aluno forjado na segunda versão da BNCC, afirmando que,

olhando para o perfil de sujeito que a segunda versão da BNCC pretendia formar, é possível abstrair uma pessoa distinta da projetada em outras propostas curriculares. Tratava-se de alguém com consciência histórica e sensível às diferenças, uma pessoa que interagiria com os outros, que seria colocada diante das grandes mazelas que afligem a sociedade brasileira, convidada a olhar criticamente e posicionar-se. Os objetivos de aprendizagem presentes em todos os componentes curriculares convidavam a combater o preconceito, o tratamento desigual de gênero, de etnia, religião, classe social, condições de vida e cultura, pois estavam comprometidos com a democracia, a sustentabilidade, a segurança e a saúde. Todas as temáticas que têm impactado a sociedade brasileira encontravam-se presentes na segunda versão da BNCC.

A observação supracitada, assim, reforça o que propõe a BNCC: a formação integral, a relação com o cotidiano e com temas contemporâneos que atravessariam a vida dos sujeitos da aprendizagem.

Os trechos 10, 13 e 14 tratam de habilidades concernente ao saber fazer. Nota-se que, a aprendizagem das mudanças climáticas está mais próxima da dimensão física dos eventos. Mas isso não parece invalidar o que foi discutido nos parágrafos anteriores, uma vez que, para a promoção da formação escolar e da cidadania, o aluno precisa adquirir um certo repertório de práticas e conhecimentos para poder saber posicionar-se frente aos temas especiais.

Algo que é interessante destacar é que o Trecho 10 aparece na educação infantil. Ou seja, a BNCC parece compreender que essa forma-

ção sobre as questões do clima precisa ser trabalhada desde cedo com as crianças, observando-se as especificidades dessa faixa etária. No 6º ano do ensino fundamental II, a ocorrência do tema segue o padrão de inclusão do conteúdo, relacionando mudanças físicas e sociais (trechos 14 e 15). Já o Trecho 15 repete o 11, que inclui a problemática no contexto das aulas de Ciências da Natureza, especificadamente na área de Química.

Passemos a analisar o conceito de alterações climáticas. Observe o Quadro 5 abaixo.

	VERSÃO 2
Alterações climáticas	(Trecho 17) Nesta unidade são estudadas questões relacionadas a ambiente, a recursos naturais e à responsabilidade no seu uso, caracterizando os fenômenos e as interações de sistemas e organismos com o ambiente. Além disso, as implicações causadas pelo uso de produtos tecnológicos que provocam <b>alterações climáticas</b> , de temperatura e de radiação que atingem a superfície terrestre. Contempla, também, o entendimento das relações de diferentes populações humanas na Terra, em tempos e lugares distintos, quanto à utilização de recursos naturais e impactos causados e à adoção de alternativas sustentáveis que perpassem, desde a mudança de atitudes individuais e coletivas até a aplicação do conhecimento científico para o desenvolvimento de tecnologias sociais sustentáveis. Assim, busca mobilizar conhecimentos que promovam uma educação ambiental que favoreça a participação na construção de sociedades sustentáveis (p. 288).
	(Trecho 18) Nesta unidade serão estudadas questões relacionadas a ambiente, recursos naturais e a responsabilidade no seu uso, caracterizando os fenômenos e as interações de sistemas e organismos com o ambiente, bem como as implicações causadas pelo uso de produtos tecnológicos quanto às <b>alterações climáticas</b> , de temperatura e de radiação que atingem a superfície terrestre. Contempla, também, o entendimento das relações de diferentes populações humanas em nosso planeta, em tempos e lugares distintos, quanto à utilização de recursos naturais e impactos causados e a adoção de alternativas sustentáveis que se refram, desde a mudança de atitudes individuais e coletivas até a aplicação do conhecimento científico para o desenvolvimento de tecnologias sociais sustentáveis. Assim, busca mobilizar conhecimentos que promovam uma educação ambiental que favoreça a participação na construção de sociedades sustentáveis (p. 442-443).
	(Trecho 19) Relacionar <b>alterações climáticas</b> regionais e globais a intervenções humanas e a processos naturais, discutindo iniciativas e responsabilidades que contribuam para o equilíbrio ambiental, como mudanças culturais e tecnológicas (p. 443).

**Quadro 5. Ocorrência do conceito de alterações climáticas na segunda versão da BNCC**

Fonte: Brasil (2016, grifos nossos).

Como foi dito sobre a primeira versão, a BNCC não faz diferença entre mudanças e alterações. Aqui, o que interessa é o contexto de sua ocorrência e o sentido que ganham ao serem anunciadas.

Note que a posição na qual se encontram as alterações climáticas está na mesma direção das mudanças climáticas: posicionada como problema socioambiental. Embora não estejam situadas espaço-temporalmente, as alterações climáticas são problematizadas quanto ao uso de produtos tecnológicos, o que já posiciona as ações humanas e suas implicações ambientais.

O texto recupera o contexto da educação ambiental e transforma o conteúdo dentro de da transversalidade disciplinar. Assim, o tema das alterações climáticas não aparece como conteúdo específico, o que vai requerer do docente um esforço de trabalho em suas aulas, mesmo sabendo que este tema está concentrado na área de Ciências da Natureza. Se a perspectiva é multidisciplinar, supõe-se que o trabalho da questão ocorra na escala da intergeração entre docentes, o que vai requerer, conseqüentemente, uma negociação para o trabalho pedagógico.

Veja que no texto, apresentam-se duas escalas de compreensão do tema: a individual e a coletiva, como formas de manifestação espalhada do tema. Ao assinalar a participação individual, sugere-se uma reflexão do indivíduo com relação as suas ações. Ao tematizar a escala coletiva, o texto indica outra dinâmica, o que supõe que atividades de determinados grupos sociais impactam de alguma forma os sistemas climáticos.

A dimensão geopolítica pode ser vista, como já observado na relação entre sociedades quanto ao controle, acesso, uso e disponibilidade de recursos naturais. A ação transformadora de seu ponto de vista é a ação para construção de uma sociedade mais sustentável, embora não se mencione os termos desta suposta sustentabilidade. Esse conceito é assumido como algo dado, já conhecido, sendo que o debate é mais complexo do que julga o senso comum. Logo, aparece como o único futuro possível, que não pode ser negociado.

Se quisermos pensar os termos da sustentabilidade que se pretende alcançar em um futuro próximo, precisamos evocar um conjunto de saberes, contextos e disputas pela natureza para compreender, na escola, que ações naturalistas, conservadoras ou românticas não darão conta de formar um sujeito que entenda a complexidade das mudanças climáticas. Como afirma Loureiro (2012, p. 28),

as causas da degradação ambiental e da crise na relação sociedade-natureza não emergem apenas de fatores conjunturais ou do instinto perverso da humanidade, e as consequências de tal degradação não são consequência apenas do uso indevido dos recursos naturais; mas sim de um conjunto de variáveis interconexas, deriva das categorias: capitalismo/modernidade/industrialismo/urbanização/tecnocracia. Logo, a desejada sociedade sustentável supõe a crítica às relações sociais e de produção, tanto quanto ao valor conferido à dimensão da natureza.

O que o autor ressalta é a multiplicidade e multiescalaridade da degradação ambiental, e no nosso caso em específico, de forma mais atualizada, as mudanças climáticas. Assim, compreender os termos geopolíticos, sociais, econômicos das mudanças do clima deveria ser uma premissa básica para pensar um sentido de sustentabilidade que seja social e ambientalmente justa.

O Quadro 6 mostra a ocorrência do conceito de aquecimento global.

<b>VERSÃO 2</b>	
Aquecimento global	(Trecho 20) Reconhecer temperatura como grandeza e o grau Celsius como uma unidade de medida a ela associada, inclusive com uso do termômetro, por exemplo, em situações de comparação de temperaturas em diferentes regiões do Brasil ou no exterior, ou ainda em discussões que envolvam problemas relacionados ao <b>aquecimento global</b> (p. 265).
	(Trecho 21) Avaliar o impacto ambiental gerado pelo uso de combustíveis fósseis, biocombustíveis e fontes alternativas de energia, considerando parâmetros, como a energia de combustão, geração de gás carbônico e de outras substâncias, eficiência energética, processo de produção do combustível; analisar o consumo desigual de energia por diferentes países e fenômenos como o efeito estufa e o <b>aquecimento global</b> (p. 618).

**Quadro 6. Ocorrência do conceito de aquecimento global na segunda versão da BNCC**

Fonte: Brasil (2016, grifos nossos).

Ambos os trechos (20 e 21) situam o aquecimento global no contexto de problemas ambientais, seja como um caráter de investigação em que medições de temperatura são requisitadas (Trecho 20), seja considerando avaliar o uso de produtos e fontes energéticas no contexto de desigualdade de usos.

Observemos agora o uso de efeito estufa na segunda versão (Quadro 7).

<b>VERSÃO 2</b>	
Efeito estufa	(Trecho 22) Estudar Química na escola ajuda o jovem a tornar-se mais bem informado, mais preparado para argumentar, para posicionar-se frente a questões e situações sociais que envolvem conhecimentos da Química. As mudanças climáticas e o <b>efeito estufa</b> , o uso de feromônios como alternativa aos agrotóxicos no combate as pragas agrícolas, a necessidade de informações sobre a presença de transgênicos em rótulos de alimentos e os custos ambientais das minerações são apenas alguns exemplos de assuntos em que o conhecimento químico (p. 146).
	(Trecho 23) Reconhecer o <b>efeito estufa</b> e sua importância para a vida na Terra, e discutir o impacto do uso de combustíveis fósseis pelos meios de transporte e indústria na ampliação nociva do <b>efeito estufa</b> e outros impactos ambientais (p. 442).
	(Trecho 24) Estudar Química no Ensino Médio ajuda o jovem a tornar-se mais bem informado, mais preparado para argumentar, para posicionar-se frente a questões e situações sociais que envolvem conhecimentos da Química. As mudanças climáticas e o <b>efeito estufa</b> , o uso de feromônios como alternativa aos agrotóxicos no combate as pragas agrícolas, a necessidade de informações sobre a presença de transgênicos em rótulos de alimentos e os custos ambientais das minerações são apenas alguns exemplos de assuntos em que o conhecimento químico e vital para que o/a estudante possa posicionar-se e tomar decisões com consciência (p. 556).
	(Trecho 25) Avaliar o impacto ambiental gerado pelo uso de combustíveis fósseis, biocombustíveis e fontes alternativas de energia, considerando parâmetros, como a energia de combustão, geração de gás carbônico e de outras substâncias, eficiência energética, processo de produção do combustível; analisar o consumo desigual de energia por diferentes países e fenômenos como o <b>efeito estufa</b> e o aquecimento global (p. 618).

### **Quadro 7. Ocorrência do conceito de efeito estufa na segunda versão da BNCC**

Fonte: Brasil (2016, grifos nossos).

Enquanto na primeira versão, o conceito, em termos de modo de fazer, sugeria a “identificação” e a “compreensão”, na segunda, o texto indica “reconhecer” e “avaliar”. Acredita-se que esse último verbo de ação coloca o sujeito da aprendizagem em outro lugar: aquele que, reconhecendo a importância de compreender como opera o calor na atmosfera, bem como os impactos de ações antropogênicas que podem causar seu aumento, agora exige uma avaliação de diferentes usos de recursos naturais e tecnológicos em contexto de produção energética. A nosso ver, o sentido aqui é o de avaliar a geopolítica das mudanças climáticas.

Avaliar no sentido de atribuir juízo de valor que, para tal, supõe um sujeito que analisa os diferentes contextos, compara usos, disponibilidades, acessos, além das disputas em torno das mercadorias. Certas condições são necessárias

para garantir o valor das mercadorias em um contexto de desigualdade de relações econômicas. Harvey (2018, p. 154) reconhece essa noção e afirma que,

o valor das mercadorias produzidas e comercializadas sob condições de monopólio local ou regional não pode ser determinado no mercado mundial da mesma forma que, digamos, o valor do ouro, dos diamantes ou do sal. Sob essas condições, o valor varia de lugar para lugar, dependendo da disparidade de tempos e custos de transporte, tarifas e outras barreiras ao comércio.

Nesse sentido, para que se avalie situações nas quais ordens de valor podem variar no tempo e no espaço, exige-se que o sujeito da aprendizagem seja inserido em um contexto em que se possa analisar diferentes relações sociais, econômicas e políticas em várias escalas, para que aquele possa compreender a complexidade do uso de combustíveis fósseis, sua produção e disponibilidade e os termos sociais do acesso, bem como são construídas as relações assimétricas de poder.

Considera-se como um avanço, pois se reconhece que identificar ou reconhecer é um nível elementar do desenvolvimento cognitivo. Mas, conseguir avaliar pressupõe um conjunto de conhecimentos construídos dentro de um processo educativo que, ao final, promova tal transformação. Esse perfil de sujeito forjado no texto Base, constrói a imagem de sujeito muito mais plural e aberto a mudanças.

A BNCC, então, sugere uma aproximação com as demandas sociais. Como afirma Lima (2011, p. 126):

Deve-se lembrar, acima de tudo, que o processo educativo não é neutro e objetivo, destituído de valores, interesses e ideologias. Ao contrário, a educação é uma construção social repleta de subjetividade, de escolhas valorativas e de vontades políticas, dotada de uma especial singularidade, que reside em sua capacidade reprodutiva dentro da sociedade. Ela significa, portanto, uma construção social estratégica, por estar diretamente envolvida na socialização e formação dos indivíduos e de sua identidade social e cultural.

Note que a posição de um sujeito que avalia a construção do outro no texto depende de uma multiplicidade de fatores, tornando o processo educativo um ato pensado, situado, com sentido e plenamente avaliado, marcando

a uma dada posição sobre o processo de ensino-aprendizagem: “estudante possa posicionar-se e tomar decisões com consciência” (Trecho 24).

### BNCC versão 3

Na terceira versão da BNCC, há uma inflexão da questão climática. Nota-se uma diminuição da ocorrência dos conceitos aqui apresentados. Um ponto importante a se evidenciar é o apagamento de mudanças climáticas, o qual nenhuma ocorrência foi encontrada em todo o documento (Quadro 8). O que aparece é apenas, uma única vez, a expressão “alterações climáticas”, como se vê:

	VERSÃO 3
Mudanças climáticas	Não há ocorrência.
Alterações climáticas	(Trecho 26) Discutir iniciativas que contribuam para restabelecer o equilíbrio ambiental a partir da identificação de <b>alterações climáticas</b> regionais e globais provocadas pela intervenção humana (p. 347).
Aquecimento global	(Trecho 27) Reconhecer temperatura como grandeza e o grau Celsius como unidade de medida a ela associada e utilizá-lo em comparações de temperaturas em diferentes regiões do Brasil ou no exterior ou, ainda, em discussões que envolvam problemas relacionados ao <b>aquecimento global</b> (p. 291).
Efeito estufa Combustíveis	(Trecho 28) Assim, ao abranger com maior detalhe características importantes para a manutenção da vida na Terra, como o <b>efeito estufa</b> e a camada de ozônio, espera-se que os estudantes possam compreender também alguns fenômenos naturais como vulcões, tsunamis e terremotos, bem como aqueles mais relacionados aos padrões de circulação atmosférica e oceânica e ao aquecimento desigual causado pela forma e pelos movimentos da Terra, em uma perspectiva de maior ampliação de conhecimentos relativos à evolução da vida e do planeta, ao clima e à previsão do tempo, entre outros fenômenos (p. 326).  (Trecho 29) Efeito estufa aparece como objetivo de ensino (p. 344).  (Trecho 30) No contexto de habilidades: Descrever o mecanismo natural do <b>efeito estufa</b> , seu papel fundamental para o desenvolvimento da vida na Terra, discutir as ações humanas responsáveis pelo seu aumento artificial (queima dos <b>combustíveis fósseis</b> , desmatamento, queimadas etc.) e selecionar e implementar propostas para a reversão ou controle desse quadro (p. 345).

**Quadro 8. Ocorrência de conceitos a terceira versão da BNCC**

Fonte: Brasil (2017, grifos nossos).

Alterações climáticas, efeito estufa e combustíveis fósseis aparecem na área de Ciências, do ensino fundamental. Aquecimento global, na de Matemática, do mesmo nível. Os contextos de aprendizagem nas quais tais conceitos ocorrem associam aprendizagem sobre o sistema-Terra. Nesse sentido, o texto na terceira e definitiva versão, sugere uma abordagem conteudista, embora indique, de forma breve e superficial, alguma aproximação com a problemática da questão ambiental. Mas essa aproximação é apenas uma alusão. Não se apresenta, em contexto problematizado, o que levou ao aquecimento global ou mesmo às mudanças climáticas.

O Trecho 26 faz ver que o conteúdo das alterações climáticas é concebido como dado. Ressalta-se que naturalizar uma situação deixa-se de lado a necessidade de sua explicação, isto é, contextualizá-la para explicitamente torná-la conhecida. É importante ressaltar que o conceito é apresentado apenas como parte de uma habilidade e não como conteúdo ou processo reflexivo educativo. Essa habilidade, como mostra o referido trecho, encontra-se no oitavo ano do fundamental.

Além de não haver tematização do conteúdo das mudanças climáticas, nota-se seu desaparecimento nos anos precedentes. Ocorrendo apenas como algo a ser verificado, discutido no final do ciclo. Ora, como aprender algo que não está inserido no processo? Logo, vê-se que, o documento não dá importância a uma questão que se tem colocado como problemática no contexto das sociedades contemporâneas capitalistas.

Pergunta-se: a quem serve esse apagamento proposital? O texto foi publicado como um marco legal para direcionar a educação brasileira e seus sistemas de ensino municipais e estaduais, esse apagamento não pode ser simplesmente considerado um ato não pensado. Ora, foi escrito por muitas mãos! A primeira e a segunda versões da BNCC, como já dito, mostraram-se com seus limites, muito mais preocupadas e atentas a tais questões que a nossa sociedade enfrenta. A segunda versão, como apontam Neira, Alviano Júnior e Almeida (2016), teve mais de 12 milhões de contribuições da sociedade, quando a primeira versão foi acusada de esquerdista e ideológica. Vale lembrar que, segundo Micarello (2016), os destinos dados a essas contribuições, no sentido de inserção delas no documento, são imprecisos. Assim, a terceira versão poderia ser acusada de que? Conservadora? Cognitivista? Silenciadora? É algo a se refletir.

Há um silêncio presente na BNCC. Esse silêncio se refere, como dito, ao extermínio do tema das mudanças climáticas. Segundo Orlandi (2007, p.

31), o silêncio significa: “o sentido é”. Isso quer dizer, segunda esta autora que, em uma “política do silenciamento”, “aí entra toda a questão do ‘tomar’ a palavra, ‘tirar’ a palavra, obrigar a dizer, fazer calar, silenciar etc.” (2007, p. 29).

Em um contexto político de disputas sobre o que vai ser incluído ou excluído da BNCC, o tema das mudanças climáticas teve sua palavra retirada, diminuído a habilidades no final de um ciclo. Retoma-se a questão: a quem interessa esse silêncio? Provavelmente a quem vê a questão climática como problemática, no sentido de que pode causar alardes sobre o modo de produção com base na exploração da natureza e no uso de combustíveis fósseis.

Certamente, o tema mexe com várias questões sociais: desenvolvimento econômico-social-tecnológico, disputa por recursos naturais, modos de produção, de circulação e consumo de mercadorias, estilo de vida, riscos, acesso a bens culturais, entre outras. Por acaso essas questões que as mudanças climáticas evocam, se discutidas do ponto de vista da crítica na escola podem incomodar também? Ora, como os trechos analisados mostram, a inclinação da aprendizagem daquilo que aparece enquanto conteúdo orienta-se para uma perspectiva essencialmente cognitivista. Ou seja, a discussão política está apagada, embora esse apagamento esteja politicamente construído. E não é que o desenvolvimento cognitivo não seja importante, mas não deve estar sozinho.

Portanto, entende-se que, silenciar é não dizer, mas também, é dizer. Esse não dizer se refere a deixar que as vozes dissidentes sobre as questões ambientais em torno das mudanças climáticas não ganhem espaço na escola; por outro lado, do dito está subentende-se: “aqui não há espaço para esta problemática”. O discurso da BNCC constitui este outro dissidente pelo seu apagamento.

O silêncio constitutivo da BNCC, que apaga a problemática da mudança do clima, pode ser compreendido no sentido daquilo que não é dito. Resende e Ramalho (2014, p. 80) afirmam que, “a construção do significado depende não só do que está explícito em um texto, mas também, do que está implícito – o que está presumido”.

Em práticas discursivas que produzem e fazem circular textos que podem alcançar a escala nacional de influência, o controle dos conteúdos, das práticas e das perspectivas teóricas da aprendizagem atuam dentro de uma política de controle de sentidos. É importante compreender, mesmo que brevemente, que a BNCC é um texto disputado, mesmo após sua sanção, como dito na primeira parte deste texto.

Não se pode esquecer que, de acordo com Martins (2016), ao longo da elaboração da política curricular, a escolha por um viés mercadológico, com forte aproximação com o setor empresarial e da Organização da Sociedade Civil de Interesse Público (Oscip), foram destaque. Enquanto a participação colaborativa da comunidade escolar/acadêmica foi restrita, movimentos como o Todos pela Educação, liderado e constituído predominantemente pelo setor privado, ocuparam um lugar de validação de quais conhecimentos deveriam ser ensinados nas escolas brasileiras.

### **Considerações finais**

O objetivo deste texto é analisar o tema das mudanças climáticas na BNCC, em suas três versões. Esses documentos foram concebidos como espaço de disputas. Quer-se dizer que, para entendê-los, é preciso considerar as práticas discursivas que os tornaram possíveis, até a versão final.

Além disso, é válido lembrar que a BNCC deriva de um processo de estandardização, enquadrado a uma concepção de educação gerencial, que conceitua a escolarização como um serviço e aposta no fortalecimento do mercado. Macedo (2019) chama atenção para a capacidade dela em movimentar um mercado editorial milionário, atrelado a construção de padrões nacionais de ensino cuja intenção é formar cidadãos de acordo com esses padrões.

Foram mostradas a natureza do currículo enquanto uma produção política e cultural, enquanto fronteira do dizível, daquilo que, por ser produzido em uma instância de criação ideológica institucional, controla esse dizer, bem como os discursos e sentidos que podem circular.

As interpretações na tentativa de reconstruir os sentidos postos nos textos nos permite chegar a algumas conclusões, mesmo que provisórias. A primeira é o crescente desaparecimento do tema das mudanças climáticas ao longo das três versões, estando de forma mais explícita nas duas primeiras e pressuposta na terceira. Como pôde ser analisado, há uma diminuição contínua de exposição do debate sobre a questão, o que não a situa espaço-temporalmente dentro do movimento histórico da sociedade.

A segunda questão é o lugar destinado às poucas ocorrências na terceira versão. O tema não está presente de forma direta e explícita. Os dados fazem ver que a questão aparece no contexto das competências. Ou seja, aparece como aprendizagem do saber fazer em detrimento de uma apren-

dizagem que, ao possibilitar a construção do conhecimento, permite que o sujeito se desenvolva para o exercício da cidadania.

Um terceiro ponto é a concentração do tema na área de Ciências, no ensino fundamental, e Química, no ensino médio. Isso revela, por exemplo, entre outras coisas, o silenciamento do tema em outras áreas de conhecimento. É importante considerar que a problemática aqui investigada aparece no texto da BNCC como “temas especiais”, situados na unidade de educação ambiental, mas o próprio documento não explora a dimensão inter ou multidisciplinar que mesmo evoca. Assim, entende-se que fica em aberto, vagando a depender das interpretações que podem ser feitas, como algo a ser apropriado. Mas, se não ocorre como um tema multidisciplinar, como o professor ou professora ou mesmo algum sistema de ensino irá apropriar-se dessa questão? Como já é possível notar, o tópico tem aparecido em alguns livros didáticos, o que pode levar à sua apropriação em sala de aula, à revelia da BNCC.

Uma quarta conclusão é verificar o enfoque cognitivista na qual o tema é apresentado. A sua relação está muito mais atrelada às transformações naturais do planeta Terra que às atividades humanas de emissão de gases de efeito estufa. Aliás, dá-se mais atenção à memória do que suas questões mais atuais, tais como os eventos extremos, termo, diga-se de passagem, que não é mencionado em nenhuma das três versões. Isso revela uma certa defasagem entre as discussões mais atuais e o que está sendo proposto para ser ensinado. O enfoque cognitivista com relação a essa questão, pode-se dizer, que a aprendizagem está centrada no conteúdo por ele mesmo, com pouco diálogo com as demandas sociais de contextualização. Isso permanece como um discurso que centra no ambiente o estudo, mas esquece dos processos sociais que lhes são constitutivos.

Por fim, diante do que foi dito, será preciso um esforço por parte da escola e da própria universidade, bem como de toda a sociedade, no sentido de se engajarem, para que a questão ganhe maior relevância em contextos de ensino-aprendizagem, o que torna a educação um ato político.

## Referências

BRASIL. Ministério de Estado da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular**: Educação é a Base – terceira versão. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <https://bit.ly/4edxVzg>. Acesso em: 20 jan. 2022.

BRASIL. Ministério de Estado da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular**: primeira versão. Brasília: MEC, 2015. Disponível em: <https://bit.ly/4dfV1Uy>. Acesso em: 15 abr. 2022.

BRASIL. Ministério de Estado da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular**: Proposta preliminar – segunda versão. Brasília: MEC, 2016. Disponível em: <https://bit.ly/3ZuXmru>. Acesso em: 20 jan. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <https://bit.ly/2IYVcoY>. Acesso em: 9 abr. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Lei 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Disponível em: <https://bit.ly/2Mwh6DI>. Acesso em: 9 abr. 2022.

FAIRCLOUGH, Norman. **Discurso e mudança social**. Brasília: UNB, 2016.

GIOTTO, Eduardo Donizeti. Dos PCNs a BNCC: o ensino de geografia sob o domínio neoliberal. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 30, p. 419-439, 2017. DOI: 10.12957/geouerj.2017.2378.

GONTIJO, Cláudia M. Base Nacional Comum Curricular (BNCC): comentários críticos. **Revista Brasileira de Alfabetização**, v. 1, n. 2, 31 dez. 2015. DOI: <https://doi.org/10.47249/rba.2015.v1.68>.

HAN, Byung-Chul. **Psicopolítica: o neoliberalismo e as novas técnicas de poder**. Tradução de Maurício Liesen. Belo Horizonte: Editora Ayiné, 2018.

HARVEY, David. **A loucura da razão econômica: Marx e o Capital no Século XXI**. São Paulo: Boitempo, 2018.

KATUTA, Ângela Massumi. **Mercantilização e financeirização da educação brasileira: A proposta neoliberal, o apagão pedagógico global (APG) e as r-existências**. **GEOGRAFIA**, v. 44, n. 1, jan./jun. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5016/geografia.v44i1.14960>. Acesso em: 09 fev. 2025.

LEITE, Sergio Antonio da Silva. Afetividade e práticas pedagógicas. *In*: LEITE, Sergio Antonio da Silva. **Afetividade e práticas pedagógicas**. 2. ed. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2011.

LIMA, Gustavo Ferreira da Costa. Crise ambiental, educação e cidadania: os desafios da sustentabilidade emancipatória. *In*: LOUREIRO, Carlos Frederico Bernardo; LAYRARGUES, Philippe Pomier; CASTRO, Ronaldo Souza de (orgs.). **Educação ambiental: repensando o espaço da cidadania**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

LOUREIRO, Carlos Frederico Bernardo. Teoria social e questão ambiental: pressupostos para uma práxis crítica em educação ambiental. *In: LOUREIRO, Carlos Frederico Bernardo; LAYRARGUES, Philippe Pomier; CASTRO, Ronaldo Souza de (orgs.). **Sociedade e meio ambiente**: a educação ambiental em debate. 7. ed. São Paulo: Cortez, 2012, p. 55-68.*

MACEDO, Elizabeth. Currículo como espaço-tempo de fronteira cultural. **Revista Brasileira de Educação**, v. 11, n. 32, p. 285-296, 4 set. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-24782006000200007>.

MACEDO, Elizabeth. Fazendo a Base virar realidade: competências e o germe da comparação. **Revista Retratos da Escola**, Brasília, v. 13, n. 25, p. 39-58, jan./maio 2019. DOI: <https://doi.org/10.22420/rde.v13i25.967>.

MAGALHÃES, Izabel; MARTINS, André Ricardo; RESENDE, Viviane de Melo. **Análise de discurso crítica**: um método de pesquisa qualitativa. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2017.

MARTINS, Erika M. **Todos pela educação?** Como os empresários estão determinando a política educacional brasileira. Rio de Janeiro: Lamparina, 2016.

MICARELLO, Hilda Aparecida L. S. A BNCC no contexto de ameaças ao estado democrático de direito. **EccoS – Revista Científica**, v. 1, n. 41, p. 61-75, 2016. Disponível em: <https://bit.ly/47DXkQf>. Acesso em: 24 abr. 2022.

NEIRA, Marcos; ALVIANO JÚNIOR, Wilson; ALMEIDA, Déberson Ferreira de. A primeira e segunda versões da BNCC: construção, intenções e condicionantes. **EccoS – Revista Científica**, n. 41, p. 31-44, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5585/eccos.n41.6807>.

ORLANDI, Eni de Lourdes Puccinelli. **As formas do silêncio**: no movimento dos sentidos. 6. ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2007.

PERONI, Vera Maria Vidal; CAETANO, Maria Raquel; ARELARO, Lisete Regina Gomes. BNCC: disputa pela qualidade ou submissão da educação? **Revista Brasileira de Política e Administração da Educação** - Periódico científico editado pela Anpae, [s.l.], v. 35, n. 1, p. 35-56, maio 2019. DOI: <https://doi.org/10.21573/vol1n12019.93094>. Disponível em: <https://bit.ly/3ZyOEIA>. Acesso em: 11 abr. 2022.

RESENDE, Viviane de Melo; RAMALHO, Viviane. **Análise de discurso crítica**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2014.

SACRISTÁN, José Gimeno. O currículo: os conteúdos de ensino ou uma análise da prática? *In: SACRISTÁN, José Gimeno; GOMEZ, Angel I. Perez. **Compreender e***

**transformar o ensino.** Tradução de Ernani F. da Fonseca. 4. ed. Santana: Artmed, 1998, p. 119-148.

SANTOS, Lidiane Rebouças. A disciplina de geografia e o discurso competente na terceira versão da base nacional comum curricular. **Revista Brasileira de Educação em Geografia**, [s.l.], v. 9, n. 18, p. 20-36, 2020. DOI: 10.46789/edugeo.v9i18.673. Disponível em: <https://bit.ly/3TF2aGO>. Acesso em: 11 abr. 2022.

VIEIRA, Viviane; RESENDE, Viviane de Melo. **Análise De Discurso (para a) Crítica:** o texto como material de pesquisa. 2. ed. Campinas: Pontes Editores, 2016.

VOLÓCHINOV, Valentin. **Marxismo e filosofia da linguagem.** Problemas fundamentais do método sociológico na ciência da linguagem. Tradução, notas e glossário de Sheila Grillo e Ekaterina Vólkova Américo. São Paulo: Editora 34, 2017.



## CAPÍTULO 9

# **A PRODUÇÃO DE SENTIDOS SOBRE AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: OS FANZINES E A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO NA ESCOLA**

*Darlan da Conceição Neves*

Na escola, as mudanças climáticas estão associadas aos conteúdos no que diz respeito às questões ambientais da atualidade. Nos livros didáticos, verificam-se diferentes possibilidades temáticas do assunto. Discutir o contexto histórico-geográfico de seu aparecimento e desenvolvimento é uma necessidade atual, uma vez que se espera que o espaço escolar se impregne da realidade da qual faz parte. Assim, neste capítulo, você vai encontrar um relato de uma atividade realizada nas aulas de Geografia, com o propósito de produzir fanzines acerca das mudanças climáticas. Com base na Filosofia da Linguagem do Círculo de Bakhtin, foi realizado um percurso de atividades com alunos do ensino médio. Estes produziram diferentes sentidos sobre a mudança do clima de uma forma artística, ressignificando o conteúdo e a aprendizagem de maneira singular.

### **Introdução**

No contexto da escola, as aulas de Geografia são destinadas – respeitando a diversidade das situações de aprendizagem e as condições de ensino – à construção do conhecimento. Isso equivale dizer que, a posição que cabe ao aluno e a aluna é a da resposta ativa, com responsabilidade, ou seja, uma ação com propósito construtivo, valorada e consciente. Nesse sentido, o momento da aula deve favorecer à apropriação do saber escolar de modo que os objetos de conhecimento, que falam das diferentes realidades socioespaciais, sejam ressignificados.

Supõe-se que essa apropriação significativa do conhecimento possa acontecer de diferentes modos, desde que o/a aluno/a possa desenvolver-se enquanto mobiliza, constrói informações e as transforma em um novo saber. Espera-se que esse conhecimento possua relações com seu cotidiano,

mas que não fique apenas na escala imediata dos fenômenos naturais e dos processos sociais. Para o ensino de Geografia na escola, almeja-se que os sujeitos da aprendizagem consigam construir relações que extrapolem o dado empírico; que consigam identificar sujeitos e grupos sociais, em diferentes escalas de ação e poder, considerando a multiplicidade da realidade e o vir a ser como possibilidade de um futuro mais aberto.

No que tange às mudanças climáticas, tema “guarda-chuva” deste livro, a atividade que ora se apresenta teve como objetivo justamente essa apropriação diversa, aberta e múltipla. Como será possível ver, a organização do conhecimento por meio da produção dos fanzines manifesta a apropriação singular e individual como resultado das relações travadas entre aluno, professor e conhecimento ao longo do percurso didático realizado. Dito de outra maneira, a produção do conhecimento na construção dos fanzines, embora possua um caráter individual, há, também, marcas comuns do conteúdo, sendo atravessadas pela relação entre os sujeitos da sala de aula.

#### Fanzine

Você conhece o gênero textual conhecido como fanzine? A palavra vem da contração da expressão em inglês *fanatic magazine*, que significa, em português, revista de fãs. Assim, os fanzines são publicações feitas por pessoas e para as pessoas que gostam de um determinado tema em comum.

Fanzine é uma revista de fãs de produção autoral utilizada para publicar diversos temas de maneira particular. Assim, foge da lógica da produção padronizada e de larga escala, comumente feita pela imprensa de massa. Esse tipo de gênero possui uma longa trajetória, variando no tempo e no espaço, mas mantendo especificações básicas. Pode-se dizer que a regularidade é a produção individual de alcance restrito e difusão de temas que comumente não é noticiado na grande mídia (Magalhães, 1993).

### **A realidade socioespacial das mudanças climáticas e a construção de conhecimento na escola**

Uma das incertezas que orbitam as mudanças climáticas são as transformações naturais e sociais esperadas em diferentes escalas no tempo e no espaço. Acresça-se a isso a sua imprevisibilidade, mesmo com os modelos que avançam em sofisticação de análise e projeção (ver Capítulo 3), que aparece como uma tônica considerável para este contexto. Contudo é

possível, de certo modo, dizer que os eventos extremos representam uma manifestação dos impactos das mudanças do clima.

Para corroborar com a ideia da multiplicidade que envolve as mudanças climáticas, Jacobi *et al.* (2011, p. 136) afirmam que

a mudança climática é muito mais do que emissões de gases que provocam o efeito estufa. A influência da atividade humana sobre o clima é complexa: diz respeito ao que consumimos, ao tipo de energia que produzimos e utilizamos, se vivemos na cidade ou em uma fazenda, em um país rico ou pobre, se somos jovens ou velhos, o que comemos e, até mesmo, tem relação com a igualdade de direitos e oportunidades desfrutada por mulheres e homens. O efeito das mudanças climáticas dispara as migrações, destrói os meios de sustento, altera as economias, debilita o desenvolvimento e exacerba as desigualdades entre os sexos.

Essa citação reforça a ideia de que a mudança climática é um “tema guarda-chuva” na educação, pois é a partir dele que se pode compreender a relação complexa entre os processos naturais e sociais e como isso se manifesta de diferentes formas na vida social.

Do ponto de vista geográfico, uma das questões que interessa à promoção da aprendizagem na Geografia escolar é como tais mudanças esperadas podem se manifestar de diferentes maneiras, em diferentes lugares, compreendendo como os processos naturais integram os sociais; podendo ser estudadas a partir de diferentes conteúdos e perspectivas teóricas. Do ponto de vista pedagógico, outra questão que é potencialmente válida são os aspectos comuns e singulares que a aprendizagem pode manifestar no momento da reorganização dos conteúdos escolares.

Esclarece Cavalcanti (2019, p. 84) que,

quando se tem claro o que representa iniciar a análise geográfica com as perguntas típicas da Geografia sobre um fato ou fenômeno, o foco do conteúdo fica mais preciso. Com essa reflexão, percebe-se que não é necessário explorar todos os aspectos dos objetos estudados, mas aqueles que ajudam a esclarecer sobre a espacialidade do fato ou fenômeno, ajudam a compreendê-la em sua dimensão de espacialidade: absoluta, relativa e relacional. A veiculação de informações e explicações geográficas é condição mínima para que a aprendizagem aconteça, além disso, ela permite o desenvolvimento do pensamento.

Segundo a autora, o importante são as “perguntas típicas” que problematizam o porquê das localizações dos fenômenos e processos estudados. Tais questionamentos ajudariam a “pensar geograficamente”. Ainda ressalta que nem tudo precisa ser estudado, mas aquilo que possibilita compreender a espacialidade do fenômeno, isto é, o conjunto das relações com as quais o objeto de conhecimento se relaciona e por meio das quais se constitui.

Giroto (2015) acrescenta que aprender Geografia na escola tem a ver com a multidimensionalidade e a multiescalaridade dos processos sociais e naturais. Ou seja, não uma relação de causa e efeito, mas uma situação de complexidade, por meio do qual o objeto deve ser estudado na sala de aula.

As mudanças climáticas como um fenômeno natural e social requerem, a partir desta perspectiva, um olhar histórico-espacial das transformações, de como o espaço participa como elemento constituinte da produção e desenvolvimento das problemáticas ambientais. Como pontua Callai (2010, p. 94),

o olhar espacial supõe desencadear o estudo de determinada realidade social verificando as marcas inscritas nesse espaço. O modo como se distribuem os fenômenos e a disposição espacial que assumem representam muitas questões, que por não serem visíveis têm que ser descortinadas, analisadas através daquilo que a organização espacial está mostrando.

Nesta passagem, nota-se que Callai valoriza o estudo da realidade pelas marcas deixadas no espaço, pela sua historicidade, mas acrescenta-se que, passado e presente conformam a realidade contemporânea e essa relação histórico-espacial pode constituir a relação com o conhecimento. Outra questão que a autora pontua é um trabalho didático que desvende aquilo que não aparece na dimensão do visível. Quer dizer que é importante compreender as essências dos conteúdos estudados e que compõe a realidade socioespacial das questões naturais e sociais.

É nesse sentido que as mudanças climáticas vão sendo constituídas pelo atravessamento de questões importantes pertinentes à ótica geográfica, uma vez que o movimento intelectual se encontra na fronteira da relação entre os sujeitos do processo de ensino e aprendizagem e o conhecimento. E considerando a multidimensionalidade e multiescalaridade que o tema em questão evoca, a atividade relatada neste texto impregnou-se tanto da dimensão social quanto natural.

Para a atividade realizada, o que importou foi compreender as mudanças climáticas dentro do processo social. Em outras palavras, como

as práticas sociais contribuem para as mudanças do clima na escala de atuação dessas práticas, bem como as próprias mudanças do clima tensionam essas mesmas atividades. Outro ponto que nos interessou foi como diferentes grupos sociais em contexto de disputas territoriais percebem e se relacionam com as mudanças climáticas. A construção do conhecimento deve, portanto, ter como base informações da realidade socioespacial do objeto de conhecimento, acessando informações, dados para que o processo de reflexão seja desencadeado (Callai, 2010).

A aprendizagem das mudanças climáticas compreende, também, o estudo da relação com a linguagem. Considerando que esta atravessa a constituição do sujeito, seu entendimento e apropriação dentro do processo formativo é um dado importante. Veremos como isso ocorre na próxima seção.

### **A Filosofia da Linguagem do Círculo de Bakhtin e a produção de sentidos nas aulas de Geografia**

Nesta seção, discutem-se os fundamentos teóricos da atividade realizada. Sendo assim, a ênfase recai sobre o papel da linguagem na construção do conhecimento. A linguagem, enquanto o meio simbólico que constitui o sujeito social, é considerada, entre outras coisas, uma forma de atividade que promove a interação entre sujeitos, é por meio dela que sentidos e significados são produzidos e compartilhados (Geraldi, 2016). No nosso caso, sua importância compreende a relação que permite estabelecer, entre os sentidos que circulam na sociedade, as mudanças climáticas e as diversas apropriações da palavra alheia.

A linguagem também é considerada como uma forma de mediação entre o sujeito e o mundo, visto que a experiência humana com a realidade não é feita de forma direta (Volóchinov, 2017). Há diferentes linguagens, uma vez que o espaço social é diverso e sua relação, sempre contraditória, manifesta interesses distintos entre os grupos sociais. Daí se fala em forças centrípetas e forças centrífugas da língua. As forças centrípetas buscam a normatização, a padronização da língua única, o fechamento, comumente representadas pela voz de autoridade. As centrífugas aludem à diversidade e a multiplicidade sociais, em claro espaço aberto e político. Como afirma Bakhtin (2014, p. 98),

em cada momento da sua existência histórica, a linguagem é grandemente pluridiscursiva. Deve-se isso à coexistência de contradições

socioideológicas entre presente e passado, entre diferentes épocas do passado, entre diversos grupos socioideológicos, entre correntes, escolas, círculos etc. Estes “falares” do plurilinguismo entrecruzam-se de maneira multiforme, formando novos “falares” socialmente típicos.

Volóchinov (2017) afirma que os sujeitos se encontram no uso social das palavras, nas relações sociais quando compartilham do mesmo horizonte social de significados. Cada palavra dita ou o conjunto delas, como o enunciado, expressa diferentes posições sociais, visões de mundo sobre as coisas, daí esse encontro/confronto entre distintas posições podem produzir sentidos diversos e, desta forma, a diferença os constitui como sujeitos histórico-geográficos.

É no signo ideológico, para aquele autor, que as valorações sociais se materializam e ganham vida, movimento e historicidade (Volóchinov, 2017). O signo, como constituinte da parte material da realidade, compõe o conteúdo da consciência. É o meio pelo qual os valores sociais, o juízo de valor e os sentidos podem ser respondidos ativamente, pois é no objeto que as vozes sociais se encontram como palavra refratada, quer dizer, palavra interpretada, com uma dimensão avaliativa que marca a tomada de posição política dadas as condições materiais e concretas da existência humana.

O meio ideológico para o Círculo de Bakhtin são as esferas da atividade humana. Tais esferas compreendem a Arte, a Política, a Religião, a Ciência, o cotidiano. Como afirma Medviédev (2016), são todas formas da criação ideológica. Assim, como pontua Faraco (2009), não há nada de negativo no conceito de ideologia para o círculo, como é próprio da tradição marxista, pois relaciona-se com o processo de valoração das coisas, das palavras, das situações, eventos e objetos. A ideologia atravessa e constitui o signo, na medida que aquela refrata este, a depender da posição valorativa assumida pelo grupo social. Obviamente não se descartam as relações de poder, pois estas são constitutivas da sociedade.

Vejamos o que diz Medviédev (2016, p. 53), outro membro do Círculo:

A participação na percepção do produto ideológico pressupõe relações sociais específicas. Aqui, o próprio processo é internamente social. Uma coletividade possuidora de percepção ideológica cria formas específicas de comunicação social.

O signo ideológico, afirma Ponzio (2021), só pode ser respondido ativamente porque carrega consigo o acúmulo das experiências ante-

riores que o constituiu e porque a comunidade linguística de onde surgiu compartilha os mesmos significados.

O que Medviédev (2016) coloca é que a nossa capacidade de interpretação e de atribuir determinados significados às coisas, tem relação com a ideologia do grupo social do qual fazemos parte e onde encontramos um coro de apoio. Isso fica claro quando se percebe os diferentes significados atribuídos à mudança climática. Um investidor (Economia) pode vê-la como uma oportunidade; um cientista social (Ciência), como um momento espaço-temporal de crise civilizatória; um político (Política) como uma brecha para realizar acordos econômicos; o senso comum (cotidiano), enquanto mudança do tempo atmosférico, entre outros.

Fiorin esclarece que há três conceitos de dialogismo na obra de Bakhtin. Antes, é preciso esclarecer, como aponta esse autor que, “dialogismo é o modo de funcionamento real da linguagem, é o princípio constitutivo do enunciado” (Fiorin, 2020, p. 27). Essa forma de funcionamento permite compreender que, num enunciado, há sempre pelo menos duas vozes: o mesmo e o outro. São duas posições sociais que aparecem e se diferenciam num mesmo fio discursivo. O autor informa que o que vai marcar essa relação é a contradição. Nessa relação nem sempre a voz do outro está representada.

O segundo conceito de dialogismo corresponde à incorporação da voz do outro no discurso. Esclarece Fiorin (2020, p. 37) que, “neste caso, o dialogismo é uma forma composicional. São maneiras externas e visíveis de mostrar as vozes no discurso”. Há duas formas de sua ocorrência, quais sejam, pelo discurso bivocal e pelo discurso alheio que é abertamente citado.

Na palavra bivocal, as vozes não são claramente marcadas, visivelmente identificadas no texto. O que se reconhece é que o discurso se molda pelo avesso que o constitui. No outro tipo, a palavra é textualmente representada, como no caso de uma citação direta, indireta, a negação, entre outras formas.

O terceiro conceito identificado pelo autor no dialogismo bakhtiniano, é a não sujeição do sujeito às estruturas sociais. Isso tem a ver com a apropriação consciente das coisas do mundo com o outro. O sujeito age na relação ativamente. É aqui que as vozes sociais, os discursos alheios são interiormente incorporados de modo complexo, intersubjetivo e forma a consciência do sujeito.

Nesse processo de construção da consciência, as vozes são assimiladas de diferentes maneiras. Há aquelas que são incorporadas como voz de autoridade. São aquelas a que se adere de modo incondicional, que são assimiladas como uma massa compacta e, por isso, são centrípetas, im-

permeáveis, resistentes a impregnar-se de outras vozes, a relativizar-se. A voz de autoridade pode ser a voz da Igreja, do Partido, do grupo de que se participa etc. Outras vozes são assimiladas como posições de sentido internamente persuasivas. São vistas como uma entre outras. Por isso, são centrífugas, permeáveis à impregnação por outras vozes, à hibridização, e abrem-se incessantemente à mudança (Fiorin, 2020, p. 61).

Essa passagem é crucial para o entendimento de como os sujeitos de nossa atividade assimilaram os discursos sobre as mudanças climáticas de diferentes modos. Reitera-se que esse processo de internalização é dinâmico, ocorre de fora para dentro, é complexo e varia de pessoa para pessoa. Assim, o mesmo conteúdo escolar poderá ser apropriado de maneiras completamente diversas pelos sujeitos da aprendizagem. Não se trata de relativismo, mas com a forma particular de cada um de apropriar-se da cultura e dos objetos culturais.

Bakhtin (2011, p. 262) afirma que falamos e escrevemos por meio de gêneros do discurso, isto é, “um conjunto relativamente estável de enunciados”. Isso quer dizer que a linguagem apresenta modos particulares de uso e que integra a comunicação discursiva. Rojo e Barbosa (2015, p. 16-17) afirmam que

valemo-nos de vários gêneros discursivos – orais e escrito, impressos ou digitais – utilizamos socialmente e típicos de nossa cultura letrada: cumprimento, bilhete, mensagem eletrônica, formulário, relatório, apresentação empresarial.

De acordo com o filósofo russo, os gêneros do discurso apresentam uma memória de prática, ou seja, apresentam historicidade. Há, assim, elementos que permanecem mesmo com o mover das práticas sociais. Como são relativamente estáveis, estão sujeitos às condições contextuais de sua utilização e à criatividade humana. Além do mais, organizam as práticas sociais. Os gêneros são múltiplos, pois inúmeras são as atividades humanas e sua complexidade evidencia as formas de comunicação social.

Bakhtin (2011) afirma que o gênero é composto por três elementos: o estilo, o conteúdo temático e a composição. O estilo é o uso particular da linguagem, a forma específica de cada um mobilizar o repertório linguístico e semiótico nas diferentes formas de comunicação. O conteúdo temático refere-se ao tema do gênero, no sentido de que este apresenta uma certa predisposição de conteúdo, pois nasce em esfera específica. Assim,

em um artigo científico, por exemplo, espera-se uma discussão teórica ou empírica, apresentação de dados ou avaliação de alguma pesquisa. Na composição, encontra-se sua arquitetura, isto é, o “plano de expressão” por meio do qual o conteúdo temático será organizado. A forma como se organiza uma receita de bolo é diferente da de um mapa. Daí podermos identificar cada um, suas especificidades e os contextos de sua utilização.

Royo e Barbosa (2015) enfatizam que os gêneros discursivos fazem parte de uma práxis social (leitura marxista) e de uma ética (leitura hegeliana), além disso, as práticas sociais convocariam uma responsabilidade social. Ou seja, é possível dizer, a partir dessas autoras, que as práticas sociais são atravessadas, construídas e constitutivas de tais gêneros. Nesse sentido, as práticas são consideradas “situadas” e dotadas de determinados valores sociais.

A ideia de esferas de atividade Bakhtin recuperada de Max Weber, segundo Rojo e Barbosa. Nesses espaços ações são produzidas, bem como a comunicação discursiva que é inerente de cada esfera, daí essa comunicação só é possível a partir das diferentes formas de dizer, isto é, a partir dos gêneros do discurso.

Nessa perspectiva, as práticas sociais e as atuações humanas não se dão na sociedade de maneira desorganizada e selvagem, mas se organizam de maneira diversificada em esferas distintas de atuação ou atividade que seguem regimes de funcionamento diferenciados, inclusive no que diz respeito aos princípios éticos e aos valores. Isto é, as práticas sociais são “situadas” em esferas de atuação específicas (Rojo; Barbosa, 2015, p. 56).

As autoras ressaltam a dimensão do poder nessas esferas. Por esse motivo introduziram em sua leitura das esferas de atividade humana, o conceito de “campo”, desenvolvido por Pierre Bourdieu. Nota-se que há a presença de hierarquias sociais dentro de cada campo. Seja na Arte, na Ciência, na Política, na Economia, no cotidiano, entre outros, papéis e posições sociais são assumidos e desempenhados e isso leva a disputas, confrontos, acordos etc. Essas hierarquias criam relações assimétricas de poder e formas específicas da comunicação verbal que o Círculo de Bakhtin não descarta em seus textos, aliás, foi por causa disso que foi formulada a ideia de que a língua é estratificada, ou seja, há linguagens sociais com base na língua comum. Isso é mostrado por meio da noção de forças centrípetas e centrífugas da língua, discutida anteriormente.

O uso do conceito de gênero discursivo em nossa atividade orientou a forma de apropriação dos fanzines, gênero que nasce na cultura múltipla, não oficial para fazer circular um conjunto de informações

que seu autor ou autora quer comunicar. A linguagem deste gênero possui uma plasticidade constitutiva. Equivale dizer que o produtor ou a produtora de fanzine tem a liberdade para produzir o material da forma como convém. Neste sentido, justifica-se que, como elemento que constituiu a prática de linguagem na sala de aula, sua ocorrência objetivou captar como os alunos organizaram o conteúdo das mudanças climáticas, após uma sequência de atividades. É o que veremos a seguir:

### **Fanzines: formas de organização do pensamento e meio para a construção de conhecimentos**

A sequência de atividades realizada teve como objetivo final a produção de fanzines acerca das mudanças climáticas. Analisaremos apenas os sentidos produzidos nas capas, devido à rica produção semiótica.

Foram produzidos um total de 54 fanzines, divididos entre duas turmas participantes de alunos da 1ª série do ensino médio. Os trabalhos foram realizados no período de duas semanas, no quarto bimestre do ano letivo de 2021, em uma escola de ensino médio e técnico, situada na zona leste do município de São Paulo.

Dos 54 fanzines produzidos, analisamos 34. Esses materiais apresentam capas que geram uma certa expectativa no leitor. Quer dizer, produzem determinados sentidos que se espera recuperar ao longo da leitura de cada um. Além do mais, apresentam vozes sociais e uma interdiscursividade sobre as mudanças climáticas que está além dessas próprias produções. Os 20 restantes apenas identificam o título da temática sem desenhos ou imagem, daí o seu descarte, por não apresentarem algum juízo de valor. A Tabela 1 mostra os sentidos identificados. Alguns fanzines integram mais de uma categoria, devido aos múltiplos sentidos que fazem ecoar.

Tema do discurso	Quantidade
Dicotomia	10
Aumento de temperatura	10
Eventos extremos	7
Atividades humanas	7

**Tabela 1. Ocorrência de temas nas capas de 34 fanzines**

Fonte: Dados da pesquisa.

Os dados fazem ver que diversos temas apareceram nas capas. São eles: dicotomia, aumento de temperatura, eventos extremos e atividades humanas. A expectativa de leitura que geram é de que iriam tratar desses temas.

A organização dos dados foi orientada a partir da ATD (Análise Textual Discursiva), de Moraes e Galiazzi (2016). Essa metodologia de análise qualitativa define três etapas de tratamento de dados. A primeira é a unitarização, a segunda, categorização e a terceira, produção de metatextos.

De acordo com os autores, a unitarização é o momento no qual são escolhidas as unidades de análise ou significados, que correspondem, em nosso caso, a todos os fanzines ou partes deles que interessam para compreender as formas de construção de conhecimento e produção de sentidos.

A categorização sinaliza para a construção de categorias pelo agrupamento de características comum das unidades de análise escolhidas. Para construção daquelas, os critérios para a sua produção foram: o uso de imagens no mesmo campo semântico; uso da linguagem técnica ou científica, uso das atribuições dos elementos físico-naturais, uso dos eventos climáticos na representação imagética.

O metatexto é o momento da teorização a partir das categorias produzidas. Nesta etapa, o principal é a construção de um novo texto que evidencia o que foi compreendido, emergindo como conhecimento novo para os fins da pesquisa, neste caso, a nossa atividade. Os metatextos devem comportar uma explicação das categorias que nasceram do corpus e que auxiliam no entendimento do objeto de estudo. Ou seja, é a teorização a partir de dados empíricos.

Os temas identificados nas capas foram eles mesmos transformados em categorias emergentes, uma vez que revelaram aspectos comuns. Segundo a ATD, categorias emergentes nascem do corpus de pesquisa. Elas aglutinam características semelhantes que lhes imprimem especificidades semânticas. Veja-se o que é possível compreender de cada uma delas a partir da reconstrução dos sentidos gerados e o que dizem dos seus autores e autoras.

A primeira categoria elaborada se chama “dicotomia”. Como a própria palavra sugere há uma visão dividida entre o que é bom e o que é ruim, entre aquilo que está preservado e o que não está. Os fanzines enquadrados nesta categoria aludem, na escala global, à ideia do mundo dividido em dois cenários: o da preservação e o da destruição. Em outras escalas, é possível ver essa mesma divisão. O discurso não sugere meios termos, mas uma oposição constitutiva entre passado e futuro. Nessa categoria, o pla-

neta passa de um ambiente preservado a um destruído. Não mostra uma transição ou alguma situação intermediária ou transitória.

Os dados identificados que corroboram com as afirmações precedentes mostram imagens semelhantes, retiradas da internet, provavelmente as primeiras encontradas sobre o tema pesquisado (Figura 1). Nesse sentido, tais imagens mostram parte do planeta em cores verdes e azul, sugerindo um sentido preservacionista do ambiente, ao passo que o lado oposto dessas gravuras, aludem à destruição, principalmente pelo fogo, estado representado pela secura, pelos tons avermelhados e ausência de florestas ou outras cores.



**Figura 1. Capa de fanzine. Representação dicotômica da mudança climática na escala global**

Fonte: Dados da atividade.

O planeta Terra, na maioria dos fanzines, está representado a partir da visão de alguém que o observa do espaço extraterrestre. Assim, o ponto de vista do material é de “a Terra sendo assolada”, incluindo o coletivo, que

na escala global, está sendo afetado. Outra ideia que tais fanzines sugerem é que tanto o ambiente preservado quanto o modificado pelas ações humanas compreendem a totalidade ambiental, cada um em seu alcance, não mostrando variações, no tempo e no espaço, das mudanças climáticas.

Outra simbolização encontrada é a presença de uma mão de cor branca (Figura 2). Essa que segura a Terra, sugerem os fanzines, pode ser a que cuida e a que destrói. Mas de onde vem esses sentidos que são recuperados e reconstruídos nos e pelos fanzines? Embora não se saiba os enunciadores do discurso dicotômico, estes circulam em nossa sociedade já há um bom tempo, atravessando gerações e períodos históricos, parece algo que está no senso comum, ou como diria o Círculo de Bakhtin, na ideologia do cotidiano. A ideias das mudanças climáticas assim apontariam para um caminho aparentemente sem solução se algo não for feito.

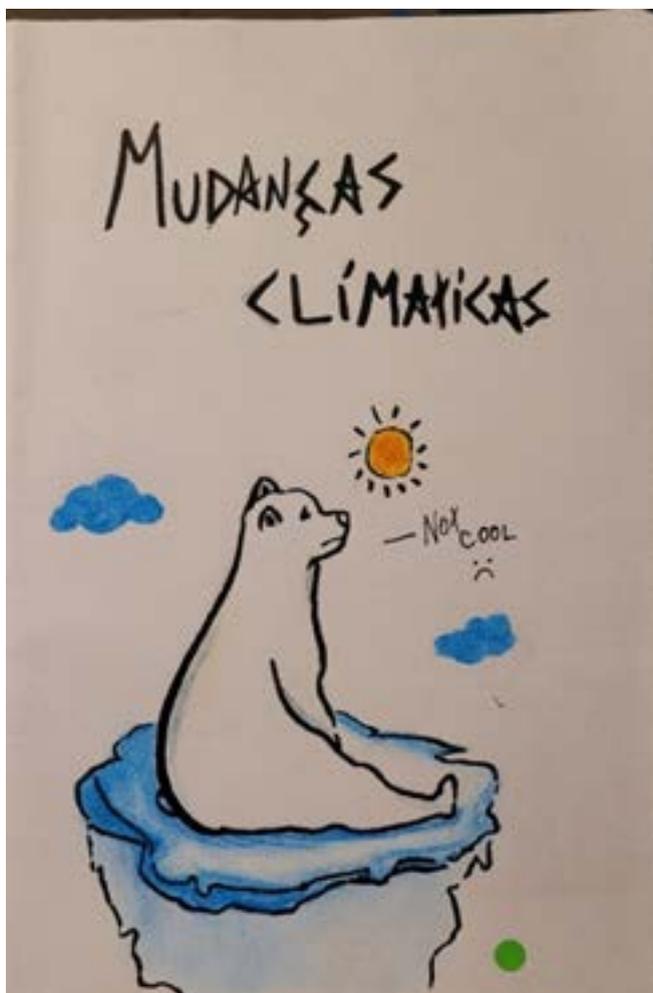


**Figura 2. Capa de fanzine. Representação da mão em um planeta dividido em dois cenários**

Fonte: Dados da atividade.

É a mesma lógica do mal contra o bem, em uma luta interminável, uma disputa que atravessa diferentes questões sociais. É importante afirmar que, esse sentido antagônico da mudança do clima, em última instância produz uma posição extremista, ou mesmo pessimista, cética quanto à problemática. Essa posição que não vislumbra um meio termo, no primeiro momento, poderia fechar a abertura do debate, do político, e por extensão dos possíveis contextos de negociação que as mudanças climáticas requerem. Dicotomia, portanto, recupera e põe em circulação, mesmo que em uma escala restrita como o contexto de sala de aula, aquilo que aparece na própria sociedade: o discurso que atribui à relação do homem contra a natureza como uma luta.

A segunda categoria emergente elaborada é “aumento de temperatura”. Identificaram-se dez ocorrências nas capas. Como seu nome mesmo indica, a temperatura do ar é o elemento comum nas produções e se manifestou de diferentes formas. Alguns sentidos foram postos em circulação nas imagens que, em sua maioria, foram desenhos produzidos à mão. Dois fanzines aludem a temperatura do ar e o derretimento do gelo. Um dos materiais recupera uma imagem que marcou amplamente o tema “aquecimento global”: um urso polar sentado em um fragmento de gelo, como mostra a Figura 3. Essa capa recupera, assim, a memória discursiva do tema, quando comumente tratava-se de aquecimento global. Note a expressão de tristeza do rosto do urso e o texto verbal em inglês *not cool* (não está bom – tradução livre), como se o animal tivesse consciência do ocorrido.



**Figura 3. Capa de fanzine com um urso polar sentado em um gelo**

Fonte: Dados da atividade.

A categoria apresenta outros sentidos que lhe informou, além da ideia de derretimento. A imagem do fogo também alude a esse aumento de temperatura do ar associado às mudanças climáticas. Três fanzines apresentam sua representação na forma de desenho, seja queimando uma árvore, seja o fogo consumindo toda a Terra. O discurso que atravessa essas capas é o da catástrofe, da destruição total.

Há também outras que aludem ao estado febril (doença) e tristeza (sentimento). Há, também, a ideia de aumento e diminuição da temperatura do

ar causando efeitos de sentido de um ciclo. A noção de tempo meteorológico também foi representada. A Figura 4 mostra uma interessante interessante pressunção valorativa da mudança do clima, na medida que apresenta um tom irônico que põe em xeque a relação entre o humano e a Terra. O planeta se abana com um leque, enquanto em suas costas, fábricas emitem gases de efeito estufa de atividades fabris. Há um edifício com três homens brancos sorrindo, um fala: “O clima? Bem, aqui dentro está bem fresquinho”.

A ironia utilizada constitui duas posições de sujeito: a do enunciador irônico que critica a ação humana, e a representação do personagem que, de modo indiferente, não se importa com o aumento da temperatura do ar. A escala do dano causado pelas atividades humanas é a global, uma vez que a Terra está representada passando mal com tanto calor. A expressão do planeta é de cansaço; gotas de suor escorrem de seu rosto. A face humanizada da Terra alude a uma certa humanização dos sistemas naturais terrestres, ao atribuir-lhe expressão de estado de espírito, transformando-a em um organismo vivo.



**Figura 4. Ironia e humanização da Terra na capa do fanzine**

Fonte: Dados da atividade.

A expectativa de leitura que esses fanzines sugerem é justamente relacionado à temperatura do ar no planeta como elemento mais preponderante a ser tratado no tempo das mudanças climáticas, uma vez que se sabe que é a temperatura do ar, em constante aumento, que tem causado mudanças nos padrões de circulação atmosférica, nos regimes de chuva, entre outras questões.

A produção de sentidos encontrada nessa categoria evidencia, de nosso ponto de vista que, alunos e alunas apresentam um certo conhecimento das questões sociais, sendo capazes de além de aprender o conhecimento científico, posicionar-se frente aos problemas sociais enfrentados. Nas palavras de Ribeiro (2021, p. 34):

É evidente a consideração de uma gama de elementos muito maior do que a palavra para definir um texto, o que também amplia muito o sentido e a complexidade desse objeto, quando o tomamos para estudo, por exemplo.

Essa autora, embora esteja tratando do estudo do texto verbal, não se restringe a ele, uma vez que considera a multimodalidade elemento capaz de produzir muitos sentidos. O uso de imagens, textos, vídeos, esquemas e outros modos de linguagem ampliam ou enfatizam determinados sentidos construídos. Isso fica evidente nas figuras 3 e 4.

Ribeiro (2021, p. 32) ainda acrescenta que,

formar leitores, portanto, vem se tornando, há décadas, uma tarefa das mais complexas. A importância de ler textos multimodais vem se ampliando, conforme os textos circulam de diversas formas em nossa sociedade. Conhecer seus modos de produção, reprodução e circulação tem relação direta com saber lê-los com mais perícia e menos ingenuidade (pensemos aí nas fake news...).

Um dos papéis imputados à Geografia escolar é justamente formar leitores de mundo, que sejam capazes de compreender seu papel enquanto sujeitos críticos e produtor de espacialidade (Cavalcanti, 2019). Acrescenta-se que essa leitura de mundo pode ser produzida ao fomentar situações de aprendizagem nas quais alunos e alunas possam mobilizar diferentes modos de linguagem, integrando-os e ressignificando a realidade apreendida por meio do conteúdos escolares em gêneros discursivos, isto é, aprendem enquanto produzem linguagem.

Rajo (2012) afirma que para que os alunos e alunas sejam além de leitores, possam ser produtores de sentidos, capazes de analisar a realidade e poder discuti-la, aprender a significar, a partir de diferentes modos de linguagem, é necessário que estejam em contato com a diversidade de linguagens sociais e a multiplicidade de textos multissemióticos. Cabe, portanto, ao professor de Geografia ofertar o acesso e inclusão.

É o que tem sido chamado de multimodalidade ou multissemiose dos textos contemporâneos, que exigem multiletramentos. Ou seja, textos compostos de muitas linguagens (ou modos, ou semioses) e que exigem capacidades e práticas de compreensão e produção de cada uma delas (multiletramentos) para fazer significar (Rojo, 2012, p. 19).

A terceira categoria construída a partir das capas dos 34 fanzines é “eventos extremos”. O que diferencia essa categoria da precedente é o aparecimento dos fenômenos atmosféricos mais comuns quando se fala em mudanças climáticas: os extremos climáticos de pluviosidade, ondas de calor, tempestades intensas ou secas prolongadas. Os desenhos que compõem essas capas representam a chuva, o sol (temperatura do ar), a árvore sem folhas (seca), o tornado e até mesmo o fogo que causa queimadas.

Todas as capas apresentam, portanto, mais de um extremo climático, o que sugere um olhar mais atualizado da questão, como tratado nas aulas anteriores à produção da atividade. Os extremos climáticos como o “cartão de visita” das mudanças climáticas são representados em ocorrência múltipla. As expectativas de leitura criadas geram a sensação de que há muita coisa acontecendo no mundo.

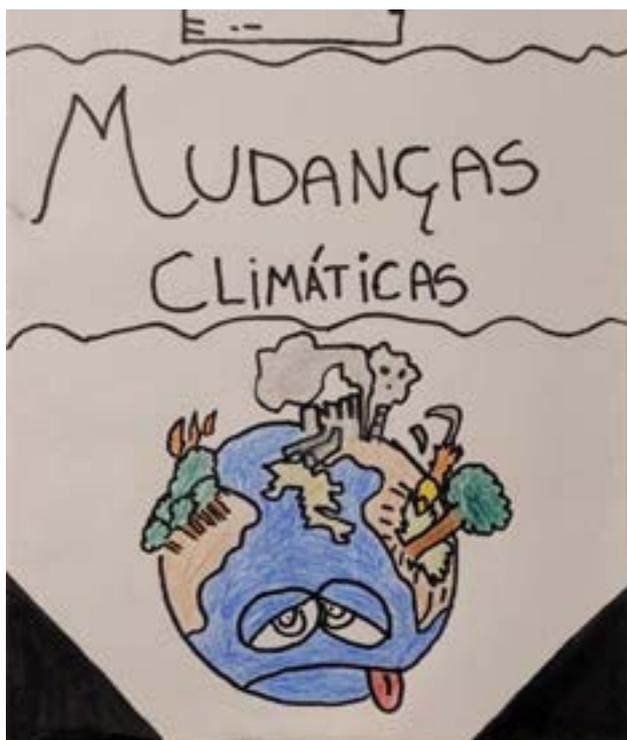
Com relação à escala, nota-se sua ausência. Não há referências se os eventos ocorrem global, nacional ou localmente. O que é representado são os fenômenos atmosféricos. Não há menção de onde possam ocorrer. Nesse sentido, não há espaço representado, se numa cidade ou área rural, se próximo ao litoral ou área de montanhas. O espaço se mantém suspenso. Mas isso pode indicar que ele pode estar representado na progressão temática da abordagem escolhida.

Nota-se, também, que a representação dos eventos extremos não está plenamente avaliada nas capas, daí pouco se pode dizer sobre a posição assumida de seu produtor ou produtora. A sua interpretação e significação a partir de alguma posição ideológica marcada não se manifesta. Diferente da categoria de aumento de temperatura, a qual as capas avaliavam o aspecto físico das mudanças climáticas, pode-se dizer que aqui é marcada por ausências.

A quarta categoria elaborada tem a ver com a representação das atividades humanas, daí seu nome “atividades humanas”. O conjunto de fanzines com essa representação interpreta a ação humana atribuindo-lhe um sentido negativo. Foram identificadas sete produções com esse tema.

O sentido negativo da ação humana pode ser descrito conforme as imagens, desenhos e mensagens que as capas elucidam. De modo geral, as

atividades representadas são as fábricas, o desmatamento, as ações negligentes. Na Figura 5 o aluno traz à cena a poluição do ar causada tanto pelo desmatamento quanto pelas queimadas, estas últimas têm sido recorrentes em muitas áreas do território brasileiro.



**Figura 5. Representação da ação humana**

Fonte: Dados da atividade.

Como o fanzine nos faz ver a expectativa de leitura criada pelo material é de que as mudanças climáticas estão relacionadas com atividades humanas a partir do desmatamento. Nesse sentido, o tema aparece atrelado às práticas espaciais.

Segundo Correa (2002, p. 35),

práticas espaciais são um conjunto de ações espacialmente localizadas que impactam diretamente sobre o espaço alterando-o no todo ou em parte ou preservando-o em suas formas e interações espaciais. As práticas espaciais resultam, de um lado, da consciência que o Homem tem

da diferenciação espacial. Consciência que está ancorada em padrões culturais próprios a cada tipo de sociedade e nas possibilidades técnicas disponíveis em cada momento, que fornecem significados distintos à natureza e à organização espacial previamente já diferenciadas.

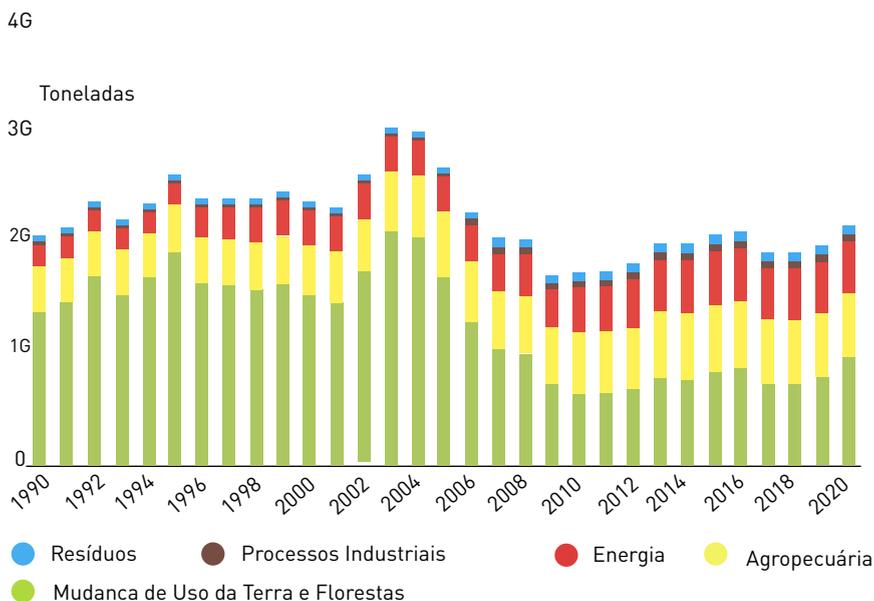
Como se vê, as práticas espaciais são possuidoras de intenções sociais, na qual o espaço é elemento constitutivo das e para as modificações realizadas no território. Mas diferente da visão generalista que Correa (2002) apresenta, situamos nossa posição ao restringir a prática de desmatamento no contexto brasileiro a grupos sociais específicos que, atuando na fronteira da legalidade/ilegalidade, têm modificado sobremaneira os sistemas naturais do Cerrado e da Amazônia brasileiros. Até porque, como se sabe, em ambos os territórios se apresenta um longo histórico de disputas por terra.

Segundo Nobre (2014), o desmatamento pode levar à Floresta Amazônica a diminuir suas funções ecológicas, principalmente no que tange à produção de umidade do ar e sua distribuição pelo território nacional. Nesse sentido, o discurso por meio do desenho no fanzine reproduz e reforça uma posição crítica sobre determinadas ações humanas, ou práticas espaciais de grupos hegemônicos que atuam não apenas em atividades produtivas, mas no controle da própria política brasileira. Esse fanzine constroi relações dialógicas de concordância com duas produções cinematográficas trabalhadas na sequência de atividade realizada: os documentários *Quentura e Sob a pata do boi*. Ambos tratam de modificações do uso da terra.

Segundo o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG),<sup>9</sup> o desmatamento no Brasil é responsável pelas maiores emissões de gases de efeito estufa no país. Fato este demonstrado no Gráfico 1 abaixo, que apresenta o período de 1990 a 2020.

---

9. Disponível em: <https://bit.ly/3MZ8LYZ>. Acesso em: 15 jun. 2022.



**Gráfico 1. Histórico de emissões de GEE no Brasil por atividade produtiva**

Fonte: <https://bit.ly/3MWlw6E>. Acesso em: 15 jun. 2022.

A alusão às emissões de GEE aparecem nos demais fanzines, embora compreendam também atividades fabris. A categoria de atividades humanas, portanto, reproduz o discurso da destruição em oposição ao da preservação. Faz menção ao planeta Terra como um organismo doente passando mal. Fato este comprovado em dois casos, como é possível ver na Figura 6.

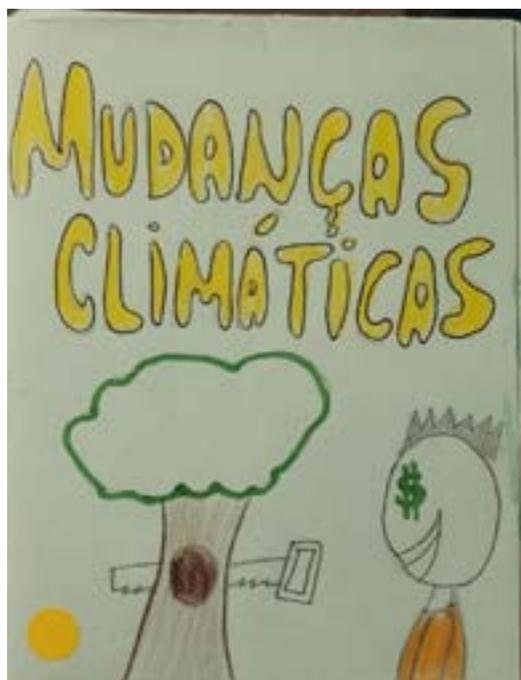


**Figura 6. Representação de atividade humanas em um planeta doente**

Fonte: Dados da atividade.

Como se vê, a representação de atores sociais acontece pelas atividades que desempenham com o uso do território. Na Figura 6 observam dois cenários em sequência que mostram consequência. De um lado a floresta preservada que se transformou em pasto para gado (uso do território e mudança da paisagem). Seguindo vê-se o gado sendo transformado pela indústria em em mecadoria – a carne.

Um outro fanzine que possibilitou a criação da categoria enfatiza a prática espacial do desmatamento com a ganância do grande capitalista. A presença do serrate identifica a atividade e o cifrão nos olhos do homem alude à obtenção do lucro.



**Figura 7. Construção de relação pela oposição**

Fonte: Dados da atividade.

Como dito anteriormente, a representação de determinados grupos sociais é feita por meio das atividades que desempenham. Segundo Vieira e Resende (2014), essa é uma forma de dar visibilidade a determinados aspectos das ações humanas, aquilo que é considerado como importante de ser mostrado, fazendo parte da representação particular do enunciador. A inclusão ou exclusão de determinados aspectos fazem parte do projeto discursivo do produtor do fanzine, isso tem a ver com a forma como avalia tais atividades e o sentido que quer construir. Como os dados mostram, as atividades são agropecuária, desmatamento, queimadas, atividades fabris, todas elas responsáveis ao seu modo, em contextos e finalidades específicas, por grandes quantidades de emissões.

As categorias por hora apresentadas não têm o objetivo de fechar o conjunto dos trabalhos analisados. Enquanto produção multissemiótica, tais materiais estão abertos a outras interpretações. O que foi realizado foi um esforço de reconstrução dos sentidos que circulam nos fanzines sobre as mudanças climáticas.

## A produção de conhecimentos na escola

Que o conhecimento escolar produzido na escola não seja, ele mesmo, uma repetição do conhecimento científico. Essa afirmação, ela mesma, avalia e posiciona ambos os conhecimentos. Note-se que o escolar varia grandemente com relação ao científico. Diferem em finalidades, local de produção e alcance, entre outras questões.

As categorias construídas a partir do corpus da atividade nos fez ver que nossas alunas e alunos, quando envolvidos em situações de ensino que os permita produzir sentidos, podem ser criadores de uma produção única. Como o tema das mudanças climáticas foi o pano de fundo para novas aprendizagens, os fanzines permitiram expressá-las de modo particular. Esses materiais cumprem a função de organizadores das aprendizagens, uma vez que, por meio desses, o conhecimento escolar fora organizado.

Como a seção anterior mostrou, uma série de discursos constituem o tema das mudanças climáticas, sustentados por vozes sociais e posições socioideológicas que aludem a contextos de práticas específicos. É a introdução ou a internalização dessas vozes dialogicamente orientadas que permitem que falemos sobre as coisas, sobre os fenômenos e processos sociais, uma vez que é por meio da linguagem que nos relacionamos com o mundo.

Note-se as diferentes interpretações, inclusões ou exclusões de grupos sociais, escalas de ação, representações discursivamente construídas que indicaram a apropriação diferencial do tema da atividade. Isso não tem nada a ver com relativismos, mas que o tema, como um guarda-chuva, abriga diferentes possibilidades de analisá-lo, estudá-lo e interpretá-lo. O que se pretendeu, no entanto, foi relacionar as mudanças climáticas com as ações sociais, com os eventos extremos, concebendo a realidade de forma complexa e dinâmica.

A Filosofia do Círculo de Bakhtin nos permitiu colocar as vozes sociais e suas práticas e interpretações de mundo em contato com nossos sujeitos da aprendizagem, para que estes pudessem responder a diferentes sentidos ativamente. As mudanças climáticas plenamente avaliadas por diferentes grupos sociais, são concebidas de diferentes modos, inclusive negando-as e, a depender das posições socio-semânticas adotadas, diferentes apropriações territoriais podem ser desenvolvidas. Isso pode acarretar mais ou menos emissões de GEE.

Como afirma Rojo (2012), é importante que as práticas escolares sejam “situadas”, de modo que envolvam os alunos em um contexto de criação, que sejam produtores de novos desenhos de aprendizagem. Que tais prá-

ticas possuam um projeto didático claro e que respeite a individualidade e que os temas sejam também de seu interesse. Como afirma a autora,

tudo isso se dá a partir de um *enquadramento dos letramentos críticos* que buscam interpretar os contextos sociais e culturais de circulação e produção desses *designs* e enunciados. Tudo isso visando, como instância última, à produção de uma *prática transformada*, seja de recepção ou de produção/distribuição (*redesign*) (Rojo, 2012, p. 30, itálico no original).

É, pois, nesse contexto de ensino aprendizagem crítico que a atividade está situada. Ao propor um redesenho das mudanças climáticas, e uma interpretação mais múltipla, buscou-se posicionar o olhar do aluno para considerar não apenas o clima, mas as vidas, os grupos sociais mais vulneráveis, pois o tema é pano de fundo para muitas discussões, quais sejam, desenvolvimento social e econômico, o papel e o lugar atribuído à natureza na economia capitalista, o direito de existir dos povos originários, a concentração de terras no Brasil e a questão da reforma agrária. Logo, não se trata apenas de aprender as mudanças nos climas do globo. Se trata de integrá-la às práticas espaciais, tendo a possibilidade de construir relações dialógicas e dialéticas, entre jogos e geometrias de poder.

Concordamos com Callai (2010, p. 93), quando afirma que,

aprender a pensar significa elaborar, a partir do senso comum, do conhecimento produzido pela humanidade e do confronto com os outros saberes (do professor, de outros interlocutores), o seu conhecimento. Este conhecimento, partindo dos conteúdos da Geografia, significa “uma consciência espacial” das coisas, dos fenômenos, das relações sociais que se travam no mundo.

Acrescentamos que não é apenas um conhecimento geográfico das coisas, mas histórico, matemático, físico, biológico, antropológico que sirva para abarcar a complexidade da realidade, de modo que o olhar espacial sobre o mundo seja mais apurado.

## **Considerações finais**

O objeto do capítulo foi apresentar uma atividade que culminou na produção de fanzines. A atividade foi baseada nas proposições colocadas

para a aprendizagem escolar da Geografia que se ensina na escola, de modo que fossem trabalhados os processos naturais relacionados aos sociais.

A Filosofia da Linguagem do Círculo de Bakhtin permitiu construir uma proposta endereçada ao desenvolvimento de um olhar múltiplo, plural e em devir. Assim, a mudança climática, objeto de conhecimento da atividade, em seu recorte temático e opção didática foi orientada a uma aprendizagem que considerasse os efeitos do aumento da temperatura, ao mesmo tempo que situava práticas sociais como preponderantes na mudança do clima.

Um total de 54 fanzines foram produzidos. Mas apenas 34 fizeram parte da análise, devido ao recorte analítico escolhido: reconstrução dos sentidos de suas capas. A partir dos dados coletados e das unidades de significado selecionadas, quatro categorias emergentes foram criadas. Categorias emergentes são aquelas que nascem do próprio corpus de pesquisa.

Dicotomia apresentou a voz do senso comum. Essa voz, no plano coletivo, aponta para um mundo dividido sem caminhos intermediários, próprio do pensamento maniqueísta. As capas fizeram menção a dois ambientes, o preservado e o destruído. O primeiro não mostra a ação humana, o que sugere a idealização de um mundo sem alterações. O segundo mostra um espaço destruído, conforme se observou pela representação em tons avermelhados. As imagens que constituem esses fanzines circulam livremente nas mídias e facilmente podem ser encontradas na internet.

A categoria de aumento de temperatura alude a imagens de fogo e destruição. O aumento da temperatura indica a presença das ações humanas. Esses fanzines também reforçam negativamente as práticas espaciais. Há, também, a humanização de animais e do planeta Terra.

Eventos extremos não apresenta apreciação valorativa, uma vez que faz menção apenas aos fenômenos relacionados às mudanças climáticas: tempestades, onda de calor e extremos de chuva. Os enunciados dessa categoria não espacializam os fenômenos, nem os temporaliza, não sendo possível saber qual a escala dos fenômenos ou mesmo sua magnitude, bem como onde podem ocorrer. Mas essa categoria faz ver que as mudanças climáticas não aludem apenas ao aquecimento global, mas às modificações dos sistemas naturais.

Atividades humanas avalia negativamente as práticas espaciais de uso da terra. As representadas são o desmatamento, as queimadas e as atividades fabris, em ampla alusão às emissões de GEE e à noção de ganância.

O movimento interpretativo realizado, como já mencionado, não teve como finalidade acabar as categorias, uma vez que o material de análise está

aberto a novas interpretações e avaliações. O esforço empreendido atuou no sentido de compreender a multiplicidade dos sentidos que podem circular na escola, quando os sujeitos são criadores de seus conhecimentos.

## Referências

BAKHTIN, Mikhail Mikhailovich. **Estética da criação verbal**. Introdução de Paulo Bezerra. Prefácio de Tzvetan Todorov. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2011.

BAKHTIN, Mikhail Mikhailovich. **Questões de literatura e estética: a teoria do romance**. Tradução de Aurora Fornoni Bernardini *et al.* 7. ed. São Paulo: Unesp: Hucitec, 2014.

CALLAI, Helena Copetti. Estudar o lugar para compreender o mundo. *In*: CASTROGIOVANNI, Antonio C.; KAERCHER, Nestor André; CALLAI, Helena C. (orgs.). **Ensino de geografia: práticas e textualizações no cotidiano**. 9. ed. Porto Alegre: Mediação, 2010, p. 83-134.

CAVALCANTI, Lana de Souza. **Pensar pela Geografia – ensino e relevância social**. Goiânia: C&A Alfa Comunicação, 2019.

CORREA, Roberta L. Espaço: um conceito-chave da Geografia. *In*: CASTRO, Iná Elias de; GOMES, Paulo Cesar da C.; CORREA, Roberta L. (orgs.). **Geografia: conceitos e temas**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002, p. 15-48.

FARACO, Carlos Alberto. **Linguagem & diálogo: as ideias linguísticas do círculo de Bakhtin**. São Paulo: Parábola, 2009.

FIORIN, José Luiz de. **Introdução ao pensamento de Bakhtin**. 2. ed. São Paulo: Ática, 2020.

GIROTTO, Eduardo Donizeti. Ensino de geografia e raciocínio geográfico: as contribuições de Pistrak para a superação da dicotomia curricular. **Revista Brasileira de Educação em Geografia**, [s.l.], v. 5, n. 9, p. 71-86, 2015. Disponível em: <https://bit.ly/47Epp9T>. Acesso em: 22 jul. 2022.

JACOBI, Pedro Roberto *et al.* Mudanças climáticas globais: a resposta da educação. **Revista Brasileira de Educação**, v. 16, n. 46 p. 135-148, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-24782011000100008>.

MAGALHÃES, Henrique. **O que é fanzine**. São Paulo: Editora Brasiliense, 1993.

MEDVIÉDEV, Pável Nikolaevich. **O método formal nos estudos literários**: introdução crítica a uma poética sociológica. Tradução de Ekaterina Vólkova Américo e Sheila Camargo Grillo. São Paulo: Contexto, 2016.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise textual discursiva**. 3. ed. rev. e ampl. Ijuí: Ed. Unijuí, 2016.

NOBRE, Antonio Donato. **O futuro climático da Amazônia**: relatório de avaliação científica. São José dos Campos: ARA, CCST-Inpe, Inpa, 2014.

PONZIO, Augusto. **A revolução Bakhtiniana**: o pensamento de Bakhtin e a ideologia contemporânea. Coordenação de tradução Valdemir Miotello. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2021.

RESENDE, Viviane de Melo; RAMALHO, Viviane. **Análise de discurso crítica**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2014.

RIBEIRO, Ana Elisa. **Multimodalidade, textos e tecnologias**: provocações para a sala de aula. São Paulo: Parábola, 2021.

ROJO, Roxane. Pedagogia dos multiletramentos: diversidade cultural e de linguagens na escola. In: ROJO, Roxane; MOURA, Eduardo (orgs.). **Multiletramentos na escola**. São Paulo: Parábola Editorial, 2012, p. 11-32.

ROJO, Roxane; BARBOSA, Jacqueline Peixoto. **Hipermodernidade, multiletramentos e gêneros discursivos**. São Paulo: Parábola, 2015.

VOLÓCHINOV, Valentin. **Marxismo e filosofia da linguagem**. Problemas fundamentais do método sociológico na ciência da linguagem. Tradução, notas e glossário de Sheila Grillo e Ekaterina Vólkova Américo. São Paulo: Editora 34, 2017.



## CAPÍTULO 10

# O ENSINO SOBRE AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO CONTEXTO DOS BIOMAS BRASILEIROS

*Kezia Andrade dos Santos*

Neste capítulo, a autora vai realizar uma introdução teórica sobre aprendizagem ativa, para depois apresentar alguns exemplos de atividades que podem ser realizadas em sala de aula. A Caatinga será o bioma escolhido para apresentar exemplos sobre o tema.

### **Introdução**

A escola está presente na vida da maioria das pessoas desde a primeira infância, exercendo papel de grande influência no desenvolvimento de habilidades e competências para uma formação crítica e cidadã dos indivíduos. Pensando nisso, quando a escola entende a educação como apenas desenvolvimento teórico de leitura, escrita, domínio básico de operações matemáticas e localização no espaço, estabelece margem para reforçar o que se chama hoje de uma educação tradicional, em que o estudante é mero receptor e o professor exerce o papel de transmissor dos conteúdos.

Nesse sentido, conforme diz Freire (2002), quando o ensino é descontextualizado, baseado na educação bancária, não propicia a troca de conhecimento e saberes vivenciados pelo aluno dentro e fora da sala de aula, tornando esse espaço vazio de sentido, colocando o educando como segundo plano no processo de ensino e aprendizagem.

Desse modo, Freire (2002) conceitua a educação bancária no sentido em que os educadores são responsáveis por “depositar”, como em uma ordem bancária, os conteúdos de maneira cartesiana e os educandos acabam sendo considerados “recipientes”, suas cabeças são preenchidas por conteúdos sem uma experiência significativa de aprendizagem e contextualização. Assim, as práticas pedagógicas são feitas de maneira autoritária e sem o diálogo dos saberes. Nesse caso, os alunos são vistos como seres incapazes de deter o poder crítico e questionador frente aos processos de ensino e aprendizagem ao longo de toda sua educação. Dessa maneira, “a educação

é puro treino, é pura transferência de conteúdo, é quase adestramento, é puro exercício de adaptação ao mundo” (Freire, 2000, p. 101).

Com isso, professores e alunos estão sob a vontade de uma educação tradicional, “engessada” em métodos de avaliação e aprendizagem defasados, sem contexto com a realidade pedagógica e didática alinhada ao momento histórico, tecnológico e informacional, em que tudo é dinâmico, fluido, colaborativo e em rede.

Nota-se que a escola é um lugar de acolhimento e permanência do aluno, sujeito aos conteúdos que são necessários para sua formação, contudo, os problemas relacionados aos processos e práticas pedagógicas de ensino-aprendizagem não são somente pelo baixo desempenho em avaliações, é um reflexo de fatores extraescolares, intraescolares, psicológicos e até biológicos que precisam de atenção sensível de gestores, professores, pais e programas de educação continuada, focada no estudante e suas necessidades, para uma aprendizagem significativa.

Assim, percebe-se que é necessário repensar e agir diante das variáveis que tangem o “engessamento” nas práticas pedagógicas de ensino e aprendizagem, na perspectiva de buscar soluções que possam romper com o baixo desempenho dos alunos e possa garantir a construção do conhecimento de forma dialogada entre professores e alunos (Santos, 2020).

Para Morán (2015), a educação tradicional é um problema frente às mudanças que a sociedade tem passado nas últimas décadas, diante de todas as transformações tecnológicas e informacionais.

Observa-se que a Geografia, enquanto recurso científico de reflexão e análise do espaço físico e humano, sempre em movimento, contribuiu e continua a colaborar para o entendimento de várias questões que emergem no espaço, pela própria dinâmica social e da natureza. Assim sendo, o ensino de Geografia na educação básica assume extrema relevância, sobretudo, com a perspectiva de contribuir para a formação do raciocínio geográfico dos alunos, fornecendo instrumentos e subsídios para o entendimento da própria construção do espaço geográfico e os problemas ambientais presentes na atualidade.

Este fato exige uma visão plural para a compreensão da realidade, e no ensino não é diferente, os estudos dessa complexa realidade não devem ser dissociados e fragmentados. A Geografia, por ser uma disciplina interdisciplinar, com métodos para abordagem dinâmica, sistêmica e integrada, permite uma visão holística acerca dos fenômenos que ocorrem no espaço geográfico. Sendo, portanto, seu saber imprescindível para a formação do pensamento

espacial no aluno, que consiste em um instrumento capaz de potencializar a transformação da realidade e a construção da cidadania e a utilização de práticas pedagógicas alinhadas a construção do pensamento geográfico.

Dessa maneira, é necessário que a utilização de metodologias ativas esteja em consonância aos objetivos propostos para cada atividade que será realizada no ambiente escolar, visto que, a utilização de metodologias ativas tem como propósito o protagonismo do educando, colocando-o no centro do processo da construção do conhecimento, de forma ativa, crítica e criativa referente aos conteúdos e a sua formação cidadã.

Assim, o uso de metodologias ativas no ensino pode ser compreendido pela utilização de estratégias com objetivos bem definidos nas práticas pedagógicas, para a abordagem dos conteúdos, sempre de forma significativa e participativa, tendo o estudante como protagonista na construção do saber.

Nesse contexto, é essencial o fortalecimento de espaços que busquem a utilização de práticas pedagógicas e metodologias tangíveis para a efetivação da aprendizagem significativa no ambiente escolar e, especialmente no ensino de Geografia, com destaque para temáticas ligadas as mudanças climáticas e a biodiversidade brasileira.

### **A relevância sobre o estudo dos biomas brasileiros e as mudanças climáticas**

Em virtude do crescimento acelerado das atividades humanas, gerando como resultado a conseqüente modificação e destruição dos diversos ambientes naturais em todo o mundo, os impactos causados são cada vez maiores na biodiversidade terrestre, em diferentes escalas (Diegues, 2001). Esse processo contínuo e desenfreado de antropização gera grandes ameaças, podendo causar um desequilíbrio ambiental de proporções ainda maiores tanto em nível local, como em nível global.

Nesse sentido, para Moran (2009), os indícios das mudanças estão em escalas cada vez mais preocupantes em todo o planeta Terra, no que se refere aos aspectos negativos como por exemplo o aumento da concentração de gases poluentes, como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nítrico ( $\text{N}_2\text{O}$ ), em virtude das ações humanas de exploração dos recursos naturais, desmatamento, uso de combustíveis fósseis, poluição atmosférica, dentre outros, que influenciam de maneira decisiva nas mudanças cli-

máticas em todo o mundo, em um curto período de tempo, se comparado ao tempo geológico.

É importante compreender, conforme Coutinho (2021), que do ponto de vista etimológico, o termo bioma é original do grego (*bios* = vida e *oma* = massa), entretanto, ao longo do tempo, passou por modificações conceituais, sendo a mais aceita pela comunidade científica a definição que compreende como

um espaço geográfico natural que ocorre em áreas que vão desde algumas dezenas de milhares até alguns milhões de quilômetros quadrados, caracterizando-se pela sua uniformidade de clima, de condições edáficas (do grego *édaphos* = solo) e de fitofisionomia (Coutinho, 2021, p. 26).

O autor chama a atenção para um erro conceitual muito comum que é o de confundir com o termo ecossistemas, sendo este empregado para definir “um conjunto de componentes bióticos e abióticos que se relacionam para criar um sistema funcional, sendo independente de ser natural ou não do espaço geográfico ocupado” (Coutinho, 2021, p. 26).

Quando olhamos para o Brasil, a questão não é menos tensa, pelo contrário, é ainda mais complexa, dada a sua proeminente biodiversidade em todas as regiões do país. O Brasil é conhecido internacionalmente por ser um país de grande extensão continental, com sua biodiversidade e recursos naturais, em um território de 8.510.417,771 km<sup>2</sup>. O país apresenta seis formações distintas de biomas, com características bem diferentes de vegetação, flora e fauna, são eles: Bioma Amazônia, Mata Atlântica, Caatinga, Cerrado, Pampas e Pantanal (IBGE, 2023).

Bioma	Estados brasileiros	Área aproximada (km <sup>2</sup> ) / Área total Brasil (%)	Quantitativo de espécies			
			Flora	Mamíferos	Aves	Peixes
Amazônia	AC, AP, AM, PA, RR, RO, TO, MT e MA	4.196.943 49,9%	13.229  2.956 endêmicas	311	1.000	3.000
Caatinga	PI, CE, RN, PB, PE, AL, SE, BA, MG	844.453 9,9%	5.311  1.547 endêmicas	148	510	240
Cerrado	GO, TO, MA, PI, BA, MT, MS, MG, SP e DF	2.036.448 23,9%	12.863  7.356 endêmicas	252	850	1.000
Mata Atlântica	RS, SC, PR, SP, GO, MS, RJ, MG, ES, BA, AL, SE, PB, PE, RN, CE e PI	1.110.182 13,0%	18.713  10.211 endêmicas	270	934	350
Pampa	RS	176.496 2,1%	1.623	74	120	18
Pantanal	MT, MS	150.355 1,8%	1.197  146 endêmicas	132	463	263

**Quadro 1. Biomas brasileiros**

Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2023); IBGE (2023). Elaborado pela autora.

Nesse contexto, os estragos que algumas leis e códigos ambientais tentam discutir e minimizar vêm desde a colonização do país, na formação de povoados e cidades que causaram grandes impactos ambientais, por meio da mineração, agropecuária e urbanização desordenada. As terras do agronegócio e a pecuária são responsáveis pela avançada degradação nos biomas da Mata Atlântica e do Cerrado, considerados hotspots (Leef). O maior risco é a extinção de espécimes da fauna e flora existentes, muitas vezes endêmicas nesses biomas, ameaçados pela apropriação inadequada da terra.

Os biomas como a Mata Atlântica e o Cerrado são exemplos dessa degradação há séculos, ambos sofreram grandes processos de uso e ocupação da terra de forma desordenada e sem nenhuma preocupação com a preservação da natureza, sempre ameaçados pela perda de habitat das espécies que integram esses domínios, visto que, mais de 70% das áreas foram altamente modificadas pela urbanização, expansão agrícola, áreas de pastagem, dentre outras.

Tais problemas ambientais não são diferentes nos outros biomas, como na Amazônia, que nas últimas décadas sofre com o acelerado desmatamento, queimadas, nova fronteira agrícola e a exploração dos recursos minerais em áreas protegidas e terras indígenas. Desse modo, o que se tem hoje são áreas remanescentes e por muitas vezes, descontínuas desses domínios, devido à grande degradação de suas áreas nativas.

Nesse contexto, um preocupante fator que vem agravando essa problemática está relacionado as mudanças climáticas, especialmente nos últimos séculos. Desse modo, se percebe diversas modificações e alterações climáticas dos padrões atmosféricos em níveis globais e locais, como o aumento da temperatura, escassez de chuvas, aumento da concentração de gases poluentes na atmosfera, expansão do buraco da camada de ozônio, derretimento das geleiras, intensificação dos eventos extremos (inundações, ondas de calor, secas extremas etc.).

As mudanças climáticas em cursos e em cenários futuros, afetam drasticamente a dinâmica da biodiversidade desses habitats, visto que, as respostas a esses impactos negativos por conta da própria fragilidade dos sistemas naturais frente as novas alterações climáticas potencializam os problemas ambientais já existentes pela degradação humana e criam cenários severos de pressão sobre o ambiente.

Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), com o aumento da temperatura em apenas 2°C, mais de 18% das espécies correm alto risco de serem extintas, conforma as projeções até 2100 (IPCC, 2022). Cabe salientar que as espécies que apresentam maior vulnerabilidade correm o risco ainda maior de serem extinguidas de forma abrupta e com pouquíssimas chances de mecanismos de adaptação as novas condições expostas, como por exemplo os recifes de corais que são extremamente frágeis, que conforme os relatórios do IPCC, mais de 14% das áreas de corais em todo mundo foram dizimadas desde 2009 com o aumento da temperatura nos oceanos e mares (IPCC, 2022).

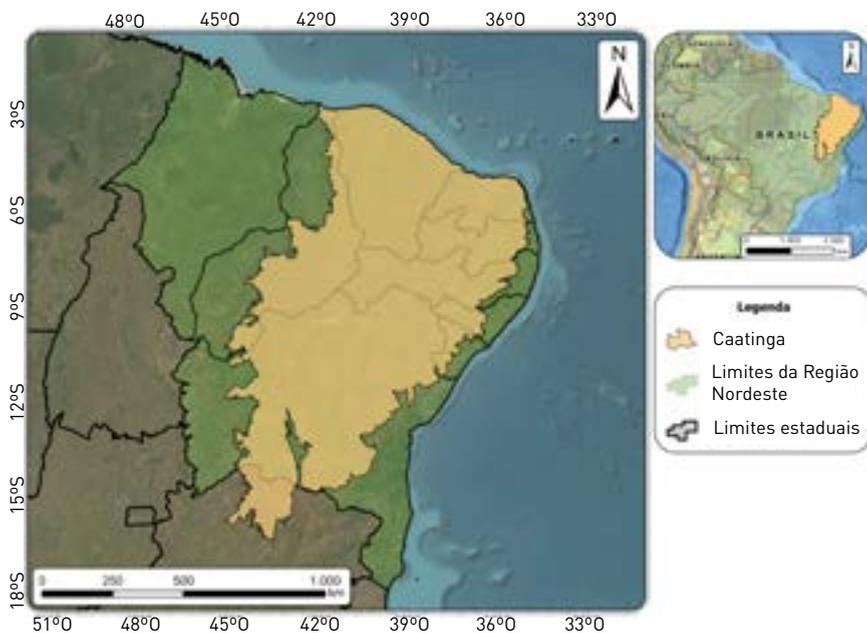
Nesse contexto, ao refletirmos sobre as desigualdades socioeconômicas nas diferentes regiões do planeta Terra, e as respostas das populações diante das crises sociais, ambientais e climáticas, é perceptível que o poder de resposta é altamente desigual e excludente, visto que os que têm acesso mais restrito as condições básicas de sobrevivência são mais afetados diante das consequências dessa realidade complexa que tem se agravado cada vez mais.

No que tange a espécies animais e vegetais, o problema não é diferente. O último relatório do IPCC evidenciou que as espécies endêmicas são mais vulneráveis as consequências das mudanças climáticas. Os dados mostram que o risco de extinção é de aproximadamente 44%, caso continue o aumento das alterações climáticas, exemplos como a fauna polar, pinguins, focas e peixes sofrem drasticamente com o aumento da temperatura. Esses cenários poderão se tornar irreversíveis por muitos séculos, caso não sejam tomadas decisões efetivas para mitigação da crise climática (IPCC, 2022).

No caso brasileiro, não é diferente. Devido ao alto grau de biodiversidade e endemismo, os biomas merecem cada vez mais atenção, como é o caso da Caatinga, genuinamente brasileira, conquanto, sempre negligenciada e reduzida ao entendimento equivocado de uma região seca e sem vida. Assim, iremos discutir a seguir sobre as potencialidades e fragilidades do bioma no que diz respeito as suas próprias singularidades, as respostas no presente e a previsão de cenários futuros relacionados as mudanças climáticas.

### **Bioma da Caatinga e as mudanças climáticas**

A Caatinga é exclusivamente brasileira. Ocupa uma área equivalente a 844.453 km<sup>2</sup>, abarca grande parte da Região Nordeste e o Norte de Minas Gerais (Figura 1) (IBGE, 2010) . É conhecida popularmente como “mata branca”, de origem do tupi-guarani, em virtude da vegetação, adaptada as condições climáticas. No período seco, as folhas das árvores caem e os troncos e arbustos dão um brilho a uma paisagem que se parece com uma mata branca ao olhar para o horizonte, contudo, assim que as chuvas começam, a vegetação volta a ficar verde com a renovação das folhagens (Albuquerque; Bandeira, 1995).



**Figura 1. Mapa de localização do Bioma Caatinga**

Fonte: Elaborado por Pedro Crioni, a partir do Terrabrasilis.

Esse domínio apresenta características geoambientais e socioculturais bem peculiares a qualquer outra região do país: marcado pela variabilidade climática, apresenta cenários de pluviosidades que variam de 400 a 800 milímetros, englobando, segundo a classificação de Köppen (1948), climas que variam desde subúmidos até a áridos.

Dessa maneira, as temperaturas registradas nos períodos mais quentes variam de 30° a 35°C, em média, condicionando ambientes que historicamente apresentam altas taxas de evapotranspiração e conseqüentemente déficit hídrico (Köppen, 1948; Suassuna, 2002).

Em relação aos recursos hídricos, a Bacia do Rio São Francisco é a principal fornecedora de água para a região. O Rio São Francisco é genuinamente brasileiro, conhecido popularmente como “rio da integração nacional”, nasce no Oeste do Estado de Minas Gerais, Serra da Canastra, escoando-se no sentido Sul/Norte pela Bahia e Pernambuco, no qual, altera seu curso ao Sudeste, para desaguar no Oceano Atlântico (ANA, 2002). Conquanto, muitos municípios que compõem o semiárido brasileiro sofrem com a má distribuição de recursos hídricos, contando apenas com rios intermitentes que não suprem a demanda básica das populações (Silva, 2006).

Em virtude disso, muitas famílias sofrem com a falta de água, são obrigadas a buscarem alternativas para o suprimento das necessidades básicas de consumo, sobretudo vindas da construção de açudes, cisternas familiares, barragens subterrâneas e barreiras (Suassuna, 2002).

Seu território é delimitado por fronteiras agrícolas de interesse mercantil desde o período colonial, com uma injusta concentração de terras nas mãos de poucos, favorecendo a produção em latifúndios por meio da monocultura de exportação, assim como das atividades agropecuárias. Mesmo com toda essa configuração ambiental que favorece a pecuária extensiva, a produção é predominada por agricultores familiares, que além dos atributos relacionados ao terreno, se apresentam como atores sociais que dependem de uma boa disponibilidade hídrica (Rebouças, 1997).

Devido à variabilidade climática e à irregularidade de chuvas, a Caatinga apresenta problemas relacionados aos recursos hídricos, muitas áreas acabam por passar por longos períodos de seca e estiagem (Conti, 2011).

A heterogeneidade paisagística é rica em biodiversidade. O bioma abarca mais de 900 espécies de árvores, 510 aves e 148 mamíferos já catalogados, com alto grau de endemismo do ponto de vista florístico e faunístico, sendo o bioma mais dominante na Região Nordeste (Ribeiro; Walter, 2008).

No que concerne aos sistemas antrópicos, desde o período colonial é uma das áreas mais povoadas do país, com atualmente 28 milhões de pessoas. O sertanejo de pés rachados está no imaginário da população até os dias atuais (Santos, 2020). Contudo, essa imagem que a maioria da população tem é estereotipada diante do processo de construção midiática ao longo dos séculos sobre a população sertaneja e sobre o conhecimento superficial acerca do bioma, sempre associados a seca de maneira perpétua na região. Tais pensamentos são visíveis na Literatura, música e artes, sempre pautados na fragilidade do ambiente e do “povo sofredor”, com fome e sede (Santos, 2020; Malvezzi, 2007).

Nesse contexto, Santos (2020) afirma que a sociedade e o sistema educacional, por muitas vezes, reproduzem um determinismo ambiental onde a seca gera pobreza e pouco desenvolvimento social e econômico. Entretanto, excluem que é um bioma adaptado ao clima da região, detentor de fauna e flora ricas e com potencialidades inimagináveis.

Nesse sentido, podemos destacar o umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), árvore endêmica da Caatinga, conhecida como “árvore sagrada do sertão”, por representar resistência e capacidade de adaptação as condições climáticas,

sendo que no período seco, a planta, como mecanismo de defesa, perde sua folhagem e entra em estado de dormência, contudo, suas raízes tuberosas (em forma de batatas) são capazes de armazenar água e nutrientes no período de déficit hídrico (Araújo; Santos; Cavalcanti, 2000; Santos, 1997).

Quando as chuvas começam, há o momento de floração e posteriormente a frutificação, sendo que uma planta adulta tem a capacidade de produzir mais de 15 mil frutos por ano (Castro; Rybka, 2015). O umbu é fonte de renda para centenas de famílias sertanejas no período de safra, sendo comercializada em feiras livres, mercados e, atualmente, existem cooperativas que trabalham no beneficiamento do fruto para a fabricação de diversos produtos como doces, geleias, cervejas, polpa de frutas e sorvetes, como é o exemplo da Cooperativa Agropecuária Familiar de Canudos, Uauá e Curaçá (Coopercuc), que conta com mais de 271 cooperados, sendo em sua maioria mulheres, em que toda a produção é destinada ao comércio local, nacional e internacional, com importações para Itália, França e Áustria (Coopercuc, 2023).

O território que compreende a Caatinga é heterogêneo, tanto do ponto de vista fisiográfico, como culturalmente. As populações que habitam a região compõem um mosaico de ambientes com particularidades bem distintas de outros territórios, assim, é necessária uma nova percepção sobre as potencialidades existentes, visto que, nenhuma população ou região deve ser vista apenas pelas suas fragilidades, deve ser compreendida de modo holístico sobre toda configuração ao longo de sua construção territorial e identitária (Santos, 2020).

Assim, é vinculado que a única saída possível para a população é a fuga da enxada e da seca, e que o trabalho rural é ruim e não produz conhecimento. Santos (2020) ainda destaca que as consequências diretas dessas ações são expressas pela xenofobia, preconceito linguístico e social contra o povo sertanejo ao longo dos séculos, como em expressões “o paraíba” e “baiano esfomeado”, sempre vinculadas a um povo sem conhecimento.

Desse modo, ao entendermos o bioma da Caatinga holisticamente, é necessário que tenhamos uma visão crítica acerca do desenvolvimento territorial e a quebra de paradigmas frente ao estereótipo de uma região sem desenvolvimento, fadada a exclusão ambiental e socioeconômica. É nesse sentido que a educação exerce papel primordial para a construção de práticas pedagógicas que tem por finalidade a construção do conhecimento por meio da contextualização dos saberes entre professores e educandos, de maneira participativa, em que o aluno é protagonista no processo de ensino e aprendizagem, tendo como

objetivo auxiliar no processo educativo e no desenvolvimento de habilidades e competências para uma formação crítica, moral e cidadã dos indivíduos.

A educação contextualizada atrelada ao uso de metodologias ativas para o ensino de conteúdos relacionados ao bioma Caatinga, é essencial a valorização dos saberes vividos pela população sertaneja sobre o seu lugar e a construção do sentimento de pertencimento, diante das potencialidades e fragilidades que compreendem o espaço geográfico e que reconheça os processos históricos, ambientais, sociais e culturais do território (Silva, 2006).

Desse modo, torna-se necessário que essas competências sejam trabalhadas no ambiente escolar, onde o educando possa desenvolver conhecimentos concernentes à construção, por meio dos diversos tipos de metodologias ativas, especialmente, sobre os conteúdos referente ao ensino sobre os biomas, atrelado as mudanças climáticas, para que haja uma compreensão de forma crítica acerca das singularidades de cada área, por meio do entendimento das problemáticas ambientais, potencialidades, fragilidades e as ações humanas na apropriação da natureza, muitas vezes, de modo exacerbado, frente a utilização dos recursos naturais.

Sendo imprescindível que a construção dos saberes seja concebida por uma visão integradora e sistêmica, em que professores e alunos sejam sujeitos ativos, desde a escolha da metodologia ativa mais adequada para a abordagem do conteúdo, assim como as produções coletivas e vivências no cotidiano escolar.

## **A gamificação como ferramenta no ensino sobre as mudanças climáticas**

A Terceira Revolução Industrial foi marcada pela Revolução Técnico-Científica-Informacional, após a Segunda Guerra Mundial. Os avanços nos meios de telecomunicações, informática, robótica, dentre outros, mudaram a conjuntura da sociedade. No ambiente escolar não foi diferente, ao longo das décadas, as escolas também passaram por mudanças significativas no que se refere a inserção das TICs – Tecnologias de Informação e Comunicação – no ambiente escolar, em especial nas últimas décadas.

Entretanto, muitos são os desafios para que as TICs realmente sejam ferramentas efetivas no processo de ensino e aprendizagem, em que os diversos atores sociais possam ser contemplados por suas reais utilidades no ambiente escolar. Nas políticas educacionais brasileiras, como o Plano Nacional de Educação (PNE) e a Base Nacional Comum Curricular

(BNCC), há diretrizes específicas para a inserção de TICs no currículo escolar em todas as esferas educacionais. Assim, nesse contexto, é sabido que elas potencializam o processo de construção do conhecimento, contudo, para que sejam efetivas, é necessário que o professor tenha um planejamento e objetivos bem claros para se consolidar na aprendizagem dos alunos.

Há desafios voltados ao próprio acompanhamento dos avanços tecnológicos, a escolha da tecnologia e ferramentas estratégicas mais apropriadas para a sala de aula, o planejamento e a infraestrutura escolar adequada. Contudo, um dos maiores desafios ainda diz respeito a formação continuada dos professores para o uso dessas tecnologias, fator que é primordial para que elas sejam efetivadas de maneira correta no processo de ensino-aprendizagem.

Desse modo, é imprescindível que na matriz desse problema, para que as tecnologias sejam eficazes, é fundamental que haja formação e treinamento para o corpo docente, visto que muitos professores apresentam dificuldades e conflitos com a adaptação das TICs na prática, visto que professores e alunos devem avançar de modo progressivo na ambientação dessa nova era digital, tão presente em sala de aula. Só assim, o uso de novas tecnologias inseridas na escola cumprirá o objetivo proposto para uma educação que esteja ligada com as transformações sociais e econômicas em que a sociedade vive.

## **A gamificação como ferramenta de aprendizagem**

O mundo contemporâneo é dinâmico. Muitas são as transformações ocorridas nas últimas décadas, frente aos avanços da era informacional em todas as esferas da sociedade. No ensino não é diferente, como pode ser observado na Geografia. A Ciência Geográfica é dinâmica, sistêmica e integrada, sendo imprescindível que o aluno reflita sobre os conceitos-chave para o desenvolvimento do ser crítico e a formação cidadã diante de novas estratégias de ensino e aprendizagem, como a gamificação no ensino escolar.

A gamificação pode ser compreendida pela utilização de elementos e metodologias utilizadas em jogos para o processo de aprendizagem, especialmente na área educacional. Nesse sentido, os conteúdos mais complexos são compreendidos com mais facilidade a partir da lógica selecionada para determinado tema. Na Geografia, especialmente, tem sido utilizada por diversos educadores nas abordagens de conteúdos mais complexos, como os da geografia física, a exemplo da Climatologia, estudo dos biomas, mudanças climáticas, que facilitam a consolidação e compreensão dos conteúdos de forma dinâmica e in-

tegrada pelas atividades selecionadas pelos professores, auxiliando na evolução da capacidade cognitiva dos educandos para o entendimento dos fenômenos naturais e antrópicos e a própria transformação do espaço geográfico.

Entretanto, é sabido que para que tais metodologias sejam efetivas na dinâmica educacional, é necessário que os professores tenham um planejamento estratégico e objetivos bem delimitados para a utilização de ambas em sala de aula, visto que elas só se tornam efetivas no processo de ensino e aprendizagem quando têm uma finalidade clara dos conteúdos a serem estudados e das atividades a serem elaboradas (Morán, 2015).

Desse modo, é necessário que os profissionais da educação tenham controle e saibam usar de maneira correta as estratégias selecionadas. Assim, a gamificação só tem a contribuir na construção e consolidação do conhecimento geográfico, como também nas demais áreas da vida dos alunos.

Assim, a utilização dessa metodologia ativa é ferramenta importante para que haja uma construção ativa dos conteúdos, por meio dos jogos na rotina escolar, sejam eles tradicionais como os de tabuleiro, ou a partir das novas tecnologias como os digitais, relacionados especialmente ao ensino sobre biomas e mudanças climáticas, visto a dificuldade de percepção, compreensão e análise dos fenômenos naturais e sua dinâmica.

BENEFÍCIOS DA GAMIFICAÇÃO	PASSOS NORTEADORES PARA APLICABILIDADE DA METODOLOGIA	EXEMPLOS DE GAMIFICAÇÃO PARA O BIOMA CAATINGA
<p>Maior interação entre os discentes no ambiente escolar e nas relações interpessoais e dinamismo nas aulas</p>	<p>Conhecer a rotina dos educandos e seus interesses para melhor escolha da atividade conforme o estabelecimento dos objetivos e estratégias para a realização das atividades</p>	<p><i>Questions and Answers</i> (Q&amp;A) Perguntas e resposta – jogo de perguntas e respostas sobre o conteúdo a ser trabalhado. As perguntas devem estar relacionadas ao bioma Caatinga e as mudanças climáticas. O Professor pode usar a estratégia de passa ou repassa como regra do jogo, assim como usar pontuações diferentes para o nível estabelecido das perguntas. Os alunos podem trabalhar em grupo</p>
<p>Incentivo a criatividade, autonomia e motivação e ludicidade na efetivação das atividades propostas</p>	<p>Decidir a forma como o jogo será executado. Em sala de aula? Laboratório? De forma presencial ou virtual? No período da aula ou em atividade extraclasse?</p>	<p>Jogo de tabuleiro (jogo físico). Essa ferramenta é muito utilizada em sala de aula. Contudo, para que fique mais dinâmico, o docente poderá construir junto com os alunos um jogo sobre as características dos biomas brasileiros e os possíveis cenários frente as alterações do clima em cada ambiente</p>
<p>Desenvolvimento de habilidades cognitivas e psicológicas para a resolução de problemas e tomada de decisões</p>	<p>Estabelecer as regras, pontuação, possível premiação, assim como a forma em que será executado, individualmente, dupla, em grupo?</p>	<p>Jogo da memória. A partir da percepção visual pode-se trabalhar os conteúdos por meio de imagens sobre o bioma, como por exemplo, espécies extintas e em risco de extinção estimulando o raciocínio lógico</p>
<p>Absorção e consolidação dos conteúdos de maneira mais efetiva</p>	<p>Elencar e providenciar os materiais necessário para a execução da atividade</p>	<p>Palavras cruzadas, com base nos conceitos-chave e termos referente a área de estudo, pode-se aplicar a metodologia como dinâmica para consolidação do conteúdo abordado</p>
<p>Melhora no processo do ensino aprendizagem e nos resultados avaliativos</p>	<p>Analisar os resultados obtidos com a dinâmica, sempre baseado nas estratégias e objetivos estabelecidos</p>	<p>2 verdades e 1 mentira. O jogo consiste em uma revisão dinâmica a partir dos conteúdos trabalhados no bimestre ou semestre, no qual o professor deve elencar frases ou trechos sobre as temáticas trabalhadas em sala de aula, sendo que duas preposições devem ser verdadeiras e uma falsa sobre as mudanças climáticas e os possíveis cenários para o bioma Caatinga</p>

**Quadro 2. Passos norteadores para a aplicação da gamificação em sala de aula**

Fonte: Elaborado pela autora.

Nesse sentido, estabelecer pontos de contato de forma interdisciplinar com as demais áreas do saber, por meio da metodologia ativa gamificação, em concomitância a disponibilizar uma proposta integrada de ensino-aprendizagem que estimule e intensifique o desenvolvimento do pensamento crítico sobre as questões relacionadas as mudanças climáticas, é essencial para que haja o desenvolvimento de um ensino voltado à formação de cidadãos capazes de compreender as relações sociedade-natureza e a dinâmica dos lugares/ambientes objetos de estudo da Geografia. Desse modo, percebe-se que por meio da gamificação, muitas são as ferramentas que contribuem com o ensino sobre mudanças climáticas e os biomas brasileiros, especialmente, a Caatinga, como o exemplo das estratégias de jogos apresentadas, que podem ser utilizadas no cotidiano escolar, assim, a gamificação torna-se uma grande aliada no mundo em que a tecnologia ganha cada vez mais espaço na vida das pessoas e na própria educação.

### **Proposta de prática pedagógica – a percepção ambiental acerca das problemáticas ambientais frente à degradação dos biomas brasileiros e às mudanças climáticas – mapeamento participativo**

A percepção ambiental configura-se local e individualmente, para a qual a Cartografia Social é um exemplo de instrumento metodológico em que o conhecimento se constrói pela percepção que a comunidade tem sobre a produção, reprodução e transformação do seu espaço (Acselrad, 2010). A Cartografia Participativa, derivada da Social, envolve a perspectiva geográfica no binômio sociedade-natureza (Acselrad; Coli, 2008). Nessa direção, o conhecimento é considerado por diversos sujeitos e atores sociais, que percebem os atributos da paisagem na configuração do território. Em meio às problemáticas ambientais, necessita-se efetivar alguns caminhos do conhecimento geográfico, pautado no diálogo de saberes (Porto-Gonçalves, 2001).

Desse modo, a problemática ambiental alerta para ameaças a diversas espécies biológicas em virtude do uso negativo dos recursos naturais, motivo de inquietações políticas e ambientais relacionadas à conservação e favoráveis à criação de mecanismos de proteção ao meio ambiente (Diegues, 2001).

Há diversos exemplos de transformação de demandas sociais em políticas públicas que por meio da utilização de diferentes processos de “mapeamento participativo” podem garantir o reconhecimento da pai-

sagem e auxiliar no processo de planejamento e gestão ambiental e ações de mitigação frente ao processo de degradação dos biomas brasileiros, no intuito de sensibilizar, a partir da construção coletiva, a preservação da natureza e construção do conhecimento sobre os impactos negativos que as mudanças climáticas podem causar na biodiversidade do país.

Assim, a cartografia participativa pode constituir conteúdo técnico, científico e social no processo de mapeamento, por onde os alunos, por meio de suas percepções e vivências, apontam as problemáticas ambientais no lugar em que estão inseridos. Nesse sentido, essa proposta pedagógica objetiva a construção de uma sequência de atividades didáticas que pode ser trabalhada durante o semestre com as temáticas relacionadas sobre o ensino de mudanças climáticas e os biomas brasileiros, sempre de acordo com os objetivos geral e específicos da proposta para que seja possível a sua culminância no final do semestre.

É necessário salientar que no processo de ensino e aprendizagem deve-se ter o aluno como protagonista e construtor do conhecimento, tanto individual como de forma coletiva, sendo um ser que possui capacidade crítica diante das realidades em que presencia no seu território para a construção de um alicerce seguro para toda a comunidade escolar envolvida, visto que a escola tem por objetivo contribuir com uma formação crítica e cidadã dos discentes, para que atuem como protagonistas e transformadores nos diversos locais em que estão e serão inseridos na sociedade.

A proposta pode ser trabalhada de forma interdisciplinar, ficando a cargo do docente ampliar a proposta juntamente com os professores de outras disciplinas, sempre de forma integradora, estimulando a participação ativa dos alunos. A seguir, apresento a sequência da proposta em (re)construção. Isso não delimita uma série específica, mas sugere que seja trabalhada no nível educacional do ensino médio, em virtude de uma maior compreensão dos conteúdos e a complexidade das atividades apresentadas. Nesse sentido, o docente pode reestruturar conforme os assuntos abordados. A recomendação é que se trabalhe em grupo.

## **Objetivo geral**

Compreender as principais problemáticas ambientais no contexto das mudanças climáticas e o estudo sobre os biomas brasileiros, a partir da compreensão dos conteúdos abordados em sala, por meio da

aplicação de técnicas da cartografia participativa para a construção do conhecimento por meio das geotecnologias.

### ***Objetivos específicos sugeridos***

- Identificar as principais fragilidades, causas e consequências sobre as ameaças antrópicas e as mudanças climáticas no que tange à biodiversidade brasileira, em especial, o bioma em que estão inseridos;
- Construir jogos didáticos sobre as mudanças climáticas e a biodiversidade de espécies endêmicas e em alto riscos de extinção;
- Elaborar mapas temáticos a partir da aplicação de técnicas da cartografia participativa, para indicar cenários atuais e futuros da paisagem pela percepção dos alunos;
- Propor ações de mitigação das mudanças climáticas e preservação da biodiversidade local;
- Apresentar a culminância do projeto por meio de uma feira cultural no final do semestre.

### **Metodologia para a elaboração do mapeamento participativo**

Primeiramente, deve ser realizado um levantamento bibliográfico e cartográfico da área de estudo, a partir de projetos e pesquisas já executadas, imagens de satélites, mapas e fotos aéreas da área escolhida e a divisão dos grupos de trabalho.

Seguidamente, serão feitas as primeiras análises do material cartográfico da área de estudo e demais matérias que subsidiarão a construção dos materiais de pesquisa por meio de oficinas cartográficas.

As atividades podem ser desenvolvidas a partir de encontros e laboratórios de informática, caso a escola tenha à disposição, ou em outros espaços como a própria sala de aula, visto que a primeira oficina será elaborada visando a construção dos conhecimentos básicos de cartografia, familiarização de documentos cartográficos da área de estudo, objetivando a construção, leitura, interpretação e análise dos materiais cartográficos, bem como a utilização do Sistema de Posicionamento Global (GPS) para a coleta de dados primários. Caso a escola não dispunha de GPS, é possível baixá-lo por meio de aplicativos no celular.

Nas demais oficinas, propõe-se a elaboração do mapas temáticos escolhidos pelos grupos, a partir do conhecimento espacial adquirido, por

meio das técnicas de cartografia participativa, onde serão empreendidos trabalhos de campo, usando o GPS para a coleta de pontos e fichas de campo destinadas as coordenadas geográficas e informações referentes ao uso, ocupação e manejos da área, seguida do registro fotográfico que auxiliará na descrição dos pontos observados em campo, visando a validação dos resultados obtidos pelo mapeamento participativo.

A partir das etapas demonstradas anteriormente, dever-se-á interpretar, analisar e discutir as informações obtidas no decorrer das atividades para elaboração dos trabalhos finais e apresentação da culminância do projeto.

O nosso objetivo não é apresentar uma proposta “pronta”, mas trazer ideias de como podem ser construídas as práticas pedagógicas no que tange o ensino sobre as mudanças climáticas e os biomas brasileiros, especialmente referente a metodologia do mapeamento participativo. Os demais objetivos específicos devem ser construídos conforme o planejamento docente, não iremos detalhar o passo a passo de cada um, mas estigamos para que possam questionar como realizar cada objetivo, propondo construir de forma conjunta com os discentes.

Desse modo, os objetivos estabelecidos estão ligados a uma verdadeira formação crítica e cidadã, visto que a educação não deve compreender apenas os saberes teóricos, mas os relacionado aos aspectos humanos e sociais, como o comportamento e os valores imprescindíveis para uma formação integral do estudante e a própria prática docente, de maneira contextualizada com os saberes vividos tanto do aluno quanto da escola.

## Referências

AB'SABER, Aziz N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. Cotia: Ateliê, 2003.

ACSELRAD, Henri. **Cartografia social e dinâmicas territoriais: marcos para o debate**. Rio de Janeiro: IPPUR/UFRJ, 2010.

ACSELRAD, Henri; COLI, Luis Régis. Disputas cartográficas e disputas territoriais. *In: ACSELRAD, Henri et al.* (orgs.). **Cartografias sociais e território**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional, 2008, p. 13-43.

ALBUQUERQUE, Severino G.; BANDEIRA, George Ricardo L. Effect of thinning and slashing on forage phytomass from a caatinga of Petrolina, Pernambuco, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 6, p. 885-891, 1995.

ANA. Agência Nacional de Águas. Ministério do Meio Ambiente do Brasil. Brasília, 2002. Disponível em: <https://bit.ly/4gz3sx8>. Acesso em: 26 mar. 2023.

ARAÚJO, Francisco Pinheiro de; SANTOS, Carlos Antônio Fernandes; CAVALCANTI, Nilton de Brito. **Cultivo do umbuzeiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Biomass e ecossistemas**. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomass/biomass-e-ecossistemas/biomass>. Acesso em: 10 out. 2023.

CASTRO, Clivia Danúbia P. da C.; RYBKA, Ana Cecília P. **Potencialidades do fruto do umbuzeiro para a agroindústria de alimentos**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015.

CONTI, José Bueno. **Clima e Meio Ambiente**. 7. ed. São Paulo: Atual, 2011.

COOPERCUC. Cooperativa Agropecuária Familiar de Canudos, Uauá e Curaçá. Disponível em: <https://bit.ly/4diSYio>. Acesso em: 5 maio 2023.

COUTINHO, Leopoldo Magno. **Biomass brasileiros**. Contribuição de Braulio Dias. 1. ed. 2. reimp. São Paulo: Oficina de Textos, 2021. p. 26.

DIEGUES, Antonio Carlos. **O mito moderno da natureza intocada**. 3. ed. São Paulo: Hucitec, 2001.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da indignação**: cartas pedagógicas e outros escritos. São Paulo: Editora Unesp, 2000.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 34. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2002.

IBGE. **Biomass brasileiros**. 2023. Disponível em: <https://bit.ly/44BDSno>. Acesso em: 10 out. 2023. Acesso em: 10 out. 2023.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Geneva: IPCC, 2022.

KÖPPEN, Wilhelm. **Climatologia**: com um estúdio de los climas de la tierra. Cidade do México: Fondo de Cultura Economica, 1948.

MALVEZZI, Roberto. **Semi-Árido**: uma visão holística. Brasília: Confea, 2007.

MORAN, Emilio Frederico. **Meio ambiente e ciências sociais**: interações homem-ambiente e sustentabilidade. São Paulo: Senac, 2011

MORÁN, José. Mudando a educação com metodologias ativas. *In*: SOUZA, Carlos Alberto de; MORALES, Ofelia Elisa T. (orgs.). **Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania**: aproximações jovens. Ponta Grossa: Foca Foto-PROEX/UEPG, 2015. (Coleção Mídias Contemporâneas, v. 2). Disponível em: <https://bit.ly/3B8is4H>. Acesso em: 5 maio 2023.

PORTO-GONÇALVES, Carlos Walter. Meio ambiente, ciência e poder: diálogo de diferentes matrizes de racionalidade. *In*: SORRENTINO, Marcos. **Ambientalismo e participação na contemporaneidade**. São Paulo: Educ/Fapesp, 2001.

REBOUÇAS, Aldo da C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, v. 11, n. 29, jan./abr. 1997.

RIBEIRO, José Felipe; WALTER, Bruno Machado T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. *In*: SANO, Sueli M; ALMEIDA, Semiramis P. de; RIBEIRO, José Felipe. **Ecologia e flora**. Brasília: Embrapa, 2008, v. 1, p. 152-212.

SANTOS, Carlos Antonio F. Dispersão da variabilidade fenotípica do umbuzeiro no Semi-Árido brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 9, p. 923-930, 1997.

SANTOS, Kezia A. dos. **Programa cisternas nas escolas e a sua contribuição para a convivência com a seca no semiárido brasileiro**. 2020. 136f. Dissertação (Mestrado em Ensino e História de Ciências da Terra) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SILVA, Roberto Marinho A. **Entre o combate à seca e a convivência com o semiárido**: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento. 2006. 298f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Brasília.

SUASSUNA, João. **Semi-árido**: proposta de convivência com a seca. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2002.

## CAPÍTULO 11

# PANORAMA SOBRE A PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO MUNDO

*Priscila Pereira Coltri*

*Larissa Vieira Zezzo*

*Deborah Terrell*

*Roberto Greco*

Neste capítulo, será abordado o avanço das pesquisas sobre educação em mudanças climáticas no mundo e, mais especificamente no Brasil, principalmente nos últimos trinta anos, após a publicação do 1º Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (AR1). Você vai perceber que, embora as pesquisas estejam avançando, com um maior entendimento dos conceitos relacionados ao tema, isso não se traduz, necessariamente, em facilidade para o professor dentro da sala de aula. Os documentos oficiais acabam por não enxergar a dificuldade da sala de aula, deixando o professor sem formação no tema e sozinho para esse trabalho. Por fim, os conceitos, muitas vezes abstratos e interdisciplinares, acabam sendo tratados de forma isolada, contrariando o que as pesquisas científicas indicam. É necessário, portanto, investimento na educação básica, na formação de professores, no desenvolvimento de materiais didáticos específicos para esse tema, dentro de cada realidade escolar.

### **Introdução**

Nos últimos anos, a compreensão sobre as causas e os impactos das mudanças climáticas globais refletiu no crescente interesse por pesquisas com foco na educação em mudanças climáticas (EMC), com o termo em inglês “*Climate Change Education*” (CCE). Esse movimento aconteceu não só no Brasil, mas no mundo como um todo. Dos registros científicos de experiências educacionais sobre a EMC, a última década (a partir de 2010) se destacou por um aumento expressivo na pesquisa educativa sobre o tema. No entanto, o aumento das pesquisas não reflete necessariamente uma facilidade para o professor em sala de aula, que, muitas vezes, se vê sozinho para lidar com esse tema. As pes-

quisas indicam que os educadores ainda enfrentam muitos desafios ao ensinar sobre mudanças climáticas e não há um amplo consenso sobre quais estratégias são mais eficazes. As pesquisas e os documentos oficiais parecem ainda não ter encontrado uma sintonia com a prática enfrentada na sala de aula.

Este capítulo resume o avanço das pesquisas em ensino de mudanças climáticas, em um primeiro momento, no contexto mundial e, depois, mais especificamente, no cenário brasileiro. Como veremos, o avanço dessas pesquisas está relacionado com o avanço de documentos oficiais, publicados, normalmente, nas grandes reuniões do clima ou, por órgãos internacionais como o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco), o Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef), entre outros, e com o avanço de entendimentos sobre os diferentes conceitos relacionados às mudanças climáticas, nas diferentes disciplinas. No Brasil, em particular, a realização de reuniões (como a Eco-92 e a Rio+20), a assinatura de acordos e protocolos (como Kyoto e o Acordo de Paris) e o lançamento de documentos nacionais de educação (como a Base Nacional Comum Curricular – BNCC) provocaram significativos avanços.

Vale ressaltar ainda que, a partir do Acordo de Paris (2015), diversos estados signatários da Organização das Nações Unidas (ONU) propuseram em suas agendas decretar estado de emergência climática em seus países, que se refere ao estado onde o sistema climático planetário natural se encontra em colapso diante a pressão das atividades humanas e, nesse contexto, a questão das mudanças climáticas passa a ser tratada com prioridade pela sobrevivência de todas as espécies do planeta, inclusive a humana.

Nas escolas, a emergência climática é mais do que apenas um tema sócio científico a ser investigado, pois se trata de uma condição real que tem impacto atual e direto na vida de todos, especialmente nas crianças e jovens. Para a EMC atuar frente a isso, é importante não somente para o entendimento sobre o que são as mudanças climáticas e a conscientização sobre os desafios a serem enfrentados, mas também quanto as ações para mudança de hábitos e comportamentos frente aos desafios impostos.

Na condição de emergência climática, as novas temáticas como a justiça climática, a equidade, o protagonismo das juventudes, as migrações humanas, o consumo e o consumismo, entre outras, passam a ser tratadas no contexto da EMC. Nesse sentido, superar a educação bancária e tradicional e focar a aprendizagem no aluno é essencial para envolvê-lo e motivá-lo por meio de uma aprendizagem mais ativa.

Muitos professores podem se sentir despreparados tanto para a integração de conteúdos sobre as mudanças climáticas e as ações que a emergência climática exige (porque não são habilitados nestas competências, em sua formação inicial de professores), quanto por não ter experimentado qualquer desenvolvimento profissional nestas áreas.

Então, os desafios atualmente a serem enfrentados pela EMC, tanto para docentes como para os alunos, são reais e proporcionais ao próprio entendimento sobre como conviver em tempos de mudanças climáticas. Atualmente, a EMC deve ser discutida não apenas de forma tradicional ou gradual na educação formal, mas como uma discussão central dos currículos para assim poder pressionar a sociedade às mudanças significativas na sua própria existência.

### **Educação em mudanças climáticas: panorama mundial**

No início dos anos 1990, com a publicação do primeiro relatório científico do Intergovernmental Panel on Climate Change, foi apresentado à sociedade que o aumento da temperatura global estava relacionado com o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) por parte das atividades humanas, mesmo que com certo grau de incerteza. Com isso, a preocupação com os impactos ambientais dessas emissões ultrapassava os limites dos laboratórios institucionais, ganhando espaço nas escolas e nos currículos, por meio de proposta para reformulação da educação científica.

Os primeiros relatos sobre a EMC abordam o tema na esfera da educação científica, a partir de parcerias entre instituições científicas e professores, para se vincular a educação científica às questões ambientais do mundo real. Nos Estados Unidos, onde são registrados os primeiros trabalhos, os cientistas foram incentivados a estabelecer vínculos com os professores de Ciências para colaborar no aprimoramento destes e no desenvolvimento do currículo, onde a EMC estava focada com as explicações sobre o funcionamento físico do nosso planeta.

Temas como a dinâmica do clima, o efeito estufa e a ação dos GEE, a interação entre os biomas e os climas subsidiaram diversos experimentos científicos e educativos que visavam compreender a magnitude dos impactos do aumento dos gases poluentes na estabilidade climática.

Com a incorporação de novos conhecimentos sobre a interdependência entre os sistemas terrestres e a influência das atividades humanas no clima, assim como nas projeções de aumento da temperatura global,

a EMC ganhava seu espaço, mas muitos educadores ainda relatavam não ter sucesso em fazer com que os alunos aplicassem o conhecimento ambiental em suas próprias vidas, além de que as conexões ambientais entre os currículos eram consideradas fracas.

Com a publicação do segundo (1996) e do terceiro (2001) relatórios do IPCC, os cientistas comprovavam com maior precisão o aumento do aquecimento global e as projeções climáticas apresentaram um futuro mais sombrio, impulsionando a necessidade de se ultrapassar o conhecimento científico dos laboratórios e educar não só nas escolas, mas também a população.

No final da década de 90 e início dos anos 2000, há relatos que o público em geral não tinha entendimento sobre o que são as mudanças climáticas, mas até compreendiam o conceito de aquecimento global. Não conseguiam, no entanto, identificar suas causas ou atribuíam o fenômeno a concepções equivocadas. Além disso, sinais e possíveis consequências das mudanças climáticas em suas vidas pessoais também eram pouco conhecidos e o fenômeno era muitas vezes percebido como ocorrendo apenas em um futuro distante.

A partir da década de 2000, a ONU mudou seu foco educativo da esfera da educação ambiental (EA) para a educação para o desenvolvimento sustentável (EDS) com a instituição da Década da Educação para o Desenvolvimento Sustentável (2005-2014), associando a concepção da EMC ao da EDS. A proposta buscava incentivar mudanças de comportamento e apresentar à sociedade um futuro diferente, mais sustentável em termos da integridade ambiental, economia e justiça social para as gerações presentes e futuras. A EDS tratava de uma nova visão da educação para pessoas de todas as idades, com o objetivo de entender a sociedade, tratando da complexidade e das relações entre aspectos como consumo predatório, deterioração urbana, saúde, pobreza, degradação do ambiente, conflitos e violação dos direitos humanos, que ameaçam nosso futuro.

Mas a EDS, tal como definida pelos documentos da Unesco, era mais prevalente em declarações de políticas, enquanto currículos, materiais didáticos e práticas de sala de aula tinham maior probabilidade de incorporar uma perspectiva mais estreita, com uma abordagem tradicional de EA.

A crítica sobre as práticas escolares de EA fazia referência a ausência de um foco programático na equidade e justiça social, tal como preconizada pela EDS. Apesar da justiça social ser uma das preocupações da EA, na análise das práticas educativas, o tema das mudanças climáticas estava notavelmente ausente de muitos dos currículos da época, não sendo associado a essa dimensão social.

De modo geral, até 2005, a EMC ainda carecia da abordagem da dimensão ética das mudanças climáticas com falta de materiais, projetos e atividades sobre adaptação às mudanças climáticas, bem como a incorporação da dimensão da justiça social nas atividades educativas. E nas escolas, o tema ainda se restringia na esfera da educação científica que pressionava o treinamento dos professores para a compreensão dos fundamentos científicos do sistema climático em uma estratégia de transferência de conhecimento, sem uma maior reflexão acerca de seu conteúdo.

No ano de 2006, com a apresentação do documentário *Uma verdade inconveniente*, de Al Gore, o tema das mudanças climáticas ganhou um viés político que nos EUA, principalmente, polarizou a discussão e acirrou o debate entre os cidadãos esclarecidos sobre o consenso científico e os negacionistas. No final de 2007, com a divulgação do quarto relatório do IPCC, o cenário projetado para o planeta era catastrófico, com insegurança alimentar e aumento das doenças no mundo, ameaçando a vida no planeta, que poderia chegar à extinção de um terço das espécies conhecidas, além da elevação do nível do mar, ameaçando populações costeiras.

Com esse cenário catastrófico, a temática foi definitivamente politizada e ganhou maior popularidade no debate público. Nas escolas, ficou claro que o importante era esclarecer não apenas a dimensão científica sobre o clima, como também, combater os posicionamentos políticos e enfrentar o viés da mídia sobre as mudanças climáticas, por meio do conhecimento científico.

O relatório *Mudanças Climáticas e o Desenvolvimento Sustentável: a resposta da Educação* (Ialei, 2009), fruto de uma pesquisa desenvolvida em dez países diferentes, nos seis continentes, o tema “mudanças climáticas” foi considerada um desafio pedagógico único, que parte de um conjunto de cenários de um futuro próximo, todos ameaçadores e cheios de problemas, colocando em questionamento a capacidade da educação em organizar a aprendizagem dentro desse contexto de problemas complexos, conhecimento incerto e riscos.

Mas os resultados mostraram que, de forma geral, as práticas educativas em EMC ainda consistiam enquanto tema periférico na área da educação e o conceito não estava claramente incorporado nas escolas entre os professores. As questões ambientais ainda eram localmente tratadas principalmente pela vertente da educação ambiental. Na leitura diagnóstica, foi identificado que os principais desafios a serem enfrentados na EMC são as limitações nas organizações e práticas escolares, as qualificações limitadas dos professores e as incertezas e ambiguidades em relação aos conceitos.

Durante a década de 2000, a EMC ficou dispersa entre as diferentes vertentes educativas (científica, ambiental ou do desenvolvimento sustentável), de forma dependente ou mesmo ligada a outra perspectiva. Como observaram Kagawa e Selby (2010), até aquele momento, a resposta educacional às mudanças climáticas tendeu a espelhar a resposta da sociedade em geral e o foco do currículo tem sido transmitir a Ciência, mas com menos frequência lutar com a ética do aquecimento global. O estímulo foi para a mudança de natureza reformista ao invés de transformadora. Houve mínimo reconhecimento da necessidade de envolver os alunos em debates e discussões abertamente as raízes, significados pessoais e implicações sociais da mudança climática, cenários que provavelmente ocorrerão durante suas vidas, e o que precisa ser feito e alcançado de natureza transformadora por meio de mitigação.

Foi a partir de 2010 que a pesquisa sobre a EMC ganhou uma identidade e perspectiva global mais independente, mas de forma gradativa nas mais diversas localidades do mundo. As experiências educativas locais intencionavam a uma educação mais ativa, não apenas aos países mais tradicionais de pesquisa, mas também nos países periféricos. Com a frequência dos impactos e efeitos das mudanças climáticas atingindo todos os países, com temperaturas mais altas, tempestades severas, aumento da seca, oceanos mais quente e maior, perda de espécies, falta de alimentos, riscos à saúde, pobreza e deslocamento, ficou evidente que os países com menores recursos são os mais vulneráveis.

Neste contexto, uma nova abordagem educativa sobre as mudanças climáticas ganhara escopo, a educação para redução de riscos de desastres (ERRD). A ERRD e a EMC constituem duas respostas educacionais aos aumentos presentes e previstos na gravidade e na incidência de perigos globalmente, e compartilhando muito por meio de origem, conceitos paralelos, ênfases e tendências, bem como implicações de ação cruzadas para escolas e sistemas escolares.

De acordo com Kagawa e Selby (2013), existem complementaridades significativas e sinergias potenciais entre os dois campos, mas o cerne do conceito de ERRD é a ideia de que perigos por si só não causam desastres. O risco aumenta quando uma população ou comunidade exposta, vulnerável e mal preparada se depara com um evento de perigo. As medidas de ERRD empregam uma abordagem sistemática e holística para identificar, avaliar e reduzir a vulnerabilidade física, econômica, ambiental e social ao perigo em todos os níveis da sociedade.

No ano de 2015, a ONU propõe os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que representam um apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e os climas e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade. Nesse contexto, as abrangentes metas dos 17 ODS se convergem para a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, fortalecendo o vínculo entre a EMC com a EDS.

No mesmo ano, na França, foi firmado um acordo mundial (Acordo de Paris) que pressionava os diferentes países signatários a participar do combate das mudanças climáticas com a redução das emissões de GEE. O acordo deve ser entendido como uma das mais profundas ferramentas para defender a qualidade de vida futura dos jovens de hoje.

Composto por artigos, na área da educação, o Acordo de Paris visa facilitar (principalmente nos países mais vulneráveis) o acesso ao financiamento climático e os aspectos relevantes da educação e da conscientização pública. Além disso, o acordo tem o pressuposto colaborativo onde os países devem cooperar para melhorar a educação, a formação, a conscientização e participação pública, bem como o acesso à informação sobre as mudanças climáticas.

A partir de 2015, a EMC já abordada nas mais diferentes partes do mundo, tornou-se uma parte importante do desenvolvimento da política educacional de diferentes países, principalmente no contexto da emergência climática. Ao observar as diferentes formas de abordagem da EMC, podemos determinar a taxa de sucesso de sua execução. Por exemplo, na Suécia, a prática da EMC é progressiva no currículo, com foco na responsabilidade individual de cada aluno em relação às questões ambientais globais. Por outro lado, mais atenção é dada ao conhecimento do que aos comportamentos ambientalmente responsáveis nos currículos turco e búlgaro; analisando o currículo nacional na Inglaterra e no País de Gales, vemos que os professores são legalmente obrigados a cobrir as informações contidas nos programas de estudos, e outros tópicos como cidadania ou EDS serão ensinados apenas se o tempo e o espaço permitirem.

Apesar de todo avanço na abordagem da EMC e a orientação bastante difundida da questão da sustentabilidade a partir dos 17 ODS, a concretização dos temas das mudanças climáticas nos currículos ainda é diferente entre os países e as ações realizadas para concretizar essa visão, especialmente no âmbito de seus currículos, ainda não são bem implementadas. Além disso, os tópicos dos livros didáticos sobre mudanças climáticas não são abrangentes e, às vezes, reproduzem conhecimentos tendenciosos.

Com o aumento do conhecimento e compreensão das mudanças climáticas, suas causas e efeitos, a EMC ganhou escopo e, conceitualmente, se configura para além da compreensão das bases físicas da Ciência Climática, mas também, na importância da dimensão dos valores sociais que incluem também as medidas de mitigação (redução das emissões de GEE), adaptação (forma de analisar e avaliar ações e estratégias para reduzir a vulnerabilidade, aumentar a capacidade adaptativa, melhorar a resiliência) e de justiça climática como um conceito normativo que vê a mudança climática antropogênica como um problema ético e político, em vez de apenas um desafio ambiental e técnico.

Em uma revisão realizada em 2019 sobre as estratégias efetivas de educação sobre mudanças climáticas, Monroe *et al.* (2019) identificaram dois temas que são comuns em EMC, mas ainda relacionados à educação ambiental: focar em informações pessoalmente relevantes e significativas e usar métodos de ensino ativos e envolventes. Em relação aos temas específicos para abordar as questões das mudanças climáticas, são incluídos o engajamento em discussões deliberativas, a interação com cientistas, a abordagem dos equívocos e a implementação de projetos escolares ou comunitários.

Atualmente, a EMC é uma necessidade urgente e deve ser abordada de forma interdisciplinar e holística; integrando as dimensões científica, social, de gênero, econômica, cultural e ética, incorporando perspectivas e práticas do conhecimento dos povos tradicionais e indígenas.

O desafio na abordagem interdisciplinar deve pressionar os currículos para o tratamento dos temas de forma interdisciplinar, somente assim a EMC poderá atingir sua meta com a compreensão dos alunos sobre a múltipla dimensão do tema e o crescente reconhecimento dos desafios inerentes.

Para os professores, também é um desafio por ser um assunto em que o conhecimento tem como base a modelagem de dados que tentam modificar as visões tradicionais do que é uma ciência. A EMC vai além do conhecimento do conteúdo disciplinar, exigindo atitudes que se comprometam com ação e com o ambiente sustentável, um conjunto complexo de interações em comparação com a maioria dos temas; seus fortes vínculos com as relações pessoais e comunitárias à ação, muitas vezes política, pode tornar controverso o desenvolvimento da educação sobre mudanças climáticas em salas de aula convencionais.

A EMC propõe uma alfabetização climática como a capacidade de participar de um discurso sobre mudança climática com um entendimento completo da terminologia. Para serem alfabetizados em clima, professores e alunos precisam: ter uma compreensão básica de conceitos científicos –

com um nível mais profundo de “pensamento sistêmico”; desenvolver atitudes e valores que reflitam o respeito pelo meio ambiente e todos os seus componentes; ter sentido de responsabilidade pessoal e social.

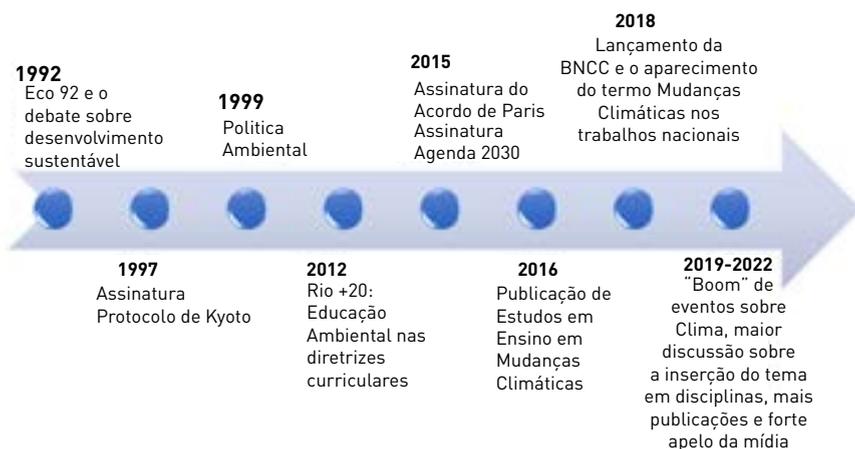
A educação deve envolver os alunos desde cedo e a comunidade ao seu redor para que eles cresçam conscientes de como suas ações afetam o ambiente, abrangendo o equilíbrio entre as dimensões econômica, social e ambiental, que não se limitam ao conhecimento do clima e do meio ambiente.

Neste contexto, a EMC deve ajudar as crianças e os jovens a desenvolver atitudes, habilidades e conhecimentos para tomar decisões para benefício próprio e de outros, agora e no futuro, e agir de acordo com essas decisões. A EMC requer pensamento reflexivo e crítico, resolução de problemas, como aprender ao longo da vida, como gerenciar incertezas e mudanças e como ser adaptáveis.

## A pesquisa em ensino de mudanças climáticas no Brasil

Essa parte do capítulo busca dar uma ideia geral de como vem sendo realizadas as pesquisas em ensino de mudanças climáticas no Brasil, as descobertas, problemas e questões chaves encontradas nos estudos publicados.

Com o objetivo de facilitar o entendimento do que será abordado aqui, é apresentada a Figura 1, que exemplifica os pontos que serão retratados em detalhes no texto e que possuem uma inter-relação.



**Figura 1. Linha do tempo dos principais acontecimentos para o avanço das pesquisas em ensino em mudanças climáticas no cenário nacional**

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados coletados.

No Brasil, o desenvolvimento de pesquisas sobre ensino de mudanças climáticas percorreu um longo caminho até chegar no patamar em que se encontra atualmente. Pode-se dizer que o tema passou a ser suscitado nos anos 90, quando ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, em 1992 (popularmente conhecida como Eco-92), no Rio de Janeiro, e desde então, foi crescendo e incorporando novas ideias. Nesse primeiro momento, o termo de destaque era o desenvolvimento sustentável, este era visto como uma necessidade secular, possibilitando a continuidade do crescimento econômico e social conjuntamente com o manutenção do meio ambiente. O desenvolvimento sustentável passou a figurar na mídia com frequência, sendo foco de diferentes debates e conferências internacionais até os dias atuais.

Aqui é válido mostrar e se fazer perceber que a mídia sempre teve forte influência social, determinando por vezes os assuntos a serem tratados no ambiente escolar. Assim, a cada vez que um evento de grande porte, como foi o caso da Eco-92 ocorria, a mídia nacional e mundial repercutia fortemente os acontecimentos e principais fatos desse evento, trazendo a sociedade novas terminologias e conceitos, que pouco a pouco foram se estabelecendo e se inserindo no contexto da educação. Diante disso, é preciso ter um olhar mais crítico sobre como o tripé mídia-sociedade-educação funciona e reage aos diferentes acontecimentos.

Além dos eventos nacionais e internacionais trazerem um maior apelo ao ensino de diversos assuntos, incluindo-se as mudanças climáticas, catástrofes ambientais e climáticas também o fizeram e ainda o fazem. A lógica nesse caso, é a mesma dos já citados, mas no caso das catástrofes, a forma como a mídia frequentemente transmite essas situações leva a sociedade a uma ideia de urgência nas ações contra as alterações do clima. E como onde há ação, há educação, pouco a pouco vão ocorrendo mudanças na forma e no direcionamento do ensino em prol da inserção de novos fundamentos e conceitos. A ideia do empoderamento social a partir da educação é praticamente mundial, concebendo assim que, sociedades bem instruídas poderão atuar coerentemente contra problemas ambientais e climáticos, muitas vezes ocasionados pelo próprio ser humano.

Mas, voltando a ideia de desenvolvimento sustentável deixada pela Eco-92, é preciso destacar que esse conceito trouxe à tona, com a influência da mídia (é claro!), a necessidade de se abordar o tema junto aos jovens, por serem eles os responsáveis por dar continuidade a esse preceito nas fu-

turas gerações e atuar, com maior destaque, para que ações sustentáveis fossem implementadas e executadas. Para tanto, o assunto foi pouco a pouco ganhando espaço na sala de aula e nas temáticas voltadas ao meio ambiente realizadas em classe. Contudo, o conceito de desenvolvimento sustentável sempre figurou na educação brasileira como um tema abrangente, por se tratar de uma ideia geral que precede demais conceitos a ele relacionados.

Em meio a tantos conceitos, aquele que fortemente se estabeleceu foi o da educação ambiental, tornando-se parte oficial do ensino nas escolas de todo o Brasil, a partir de políticas públicas que introduziram o tema como política nacional, em 1999, e por meio das diretrizes curriculares nacionais, que também incorporaram o assunto em 2012. Dessa forma, a educação ambiental passou a constar nos materiais educativos do ensino básico e superior de todo o país, permitindo com que o estudante compreendesse conceitos importantes, como o de desenvolvimento sustentável e pudesse atuar, através da educação ambiental, com ações voltadas a conservação do meio ambiente.

Já nos anos 2000, o conceito de mudanças climáticas, entre outros, passou a aparecer na mídia e pouco a pouco, foi se estabelecendo no cotidiano social e, por conseguinte, também no meio educacional. Em 2012, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, também conhecida como Rio+20, muitos dos temas levantados inicialmente na Eco-92 foram novamente debatidos e o compromisso das sociedades em seguir por um caminho sustentável foi majoritariamente reassumido. Esse evento teve lugar novamente no Rio de Janeiro e atraiu uma forte atenção da mídia de todo o mundo para o Brasil. Durante a Rio+20, “mudanças climáticas” já estava se consolidando entre os cientistas e participantes da conferência, sendo realçado pela mídia e tornando-se, a partir desse ponto, o termo que seria frequentemente mencionado.

O conceito veio atrelado também a outros, como o de mitigação e adaptação. Nesse sentido, a ideia é de que as mudanças de ordem climática estão ocorrendo em todo o mundo e que as sociedades devem promover medidas para mitigar os efeitos de tais mudanças, assim como se adaptar a elas. Para que isso pudesse ocorrer, novamente a educação foi visualizada como ferramenta para concretizar esse conceito junto aos jovens e facilitar o desenvolvimento de ações. Nesse caso, é interessante perceber que o conceito de mudanças climáticas não figura em nenhuma lei relacionada a educação, ainda que apareça frequentemente na mídia.

Especificamente no ano de 2015, ocorreu o já citado importante encontro entre cerca de 195 países de todo o mundo, no qual foi estabelecido e assinado o Acordo de Paris, que incluiu medidas para diminuir a emissão de GEE, entre outras ações, com o objetivo de mitigar os efeitos do aquecimento global. Neste mesmo evento, foi lançada a Agenda 2030 da União das Nações Unidas, que determinou 17 objetivos para o desenvolvimento sustentável, tendo em vista a necessidade de atingir-se, até 2030, um mundo melhor para os diferentes povos e nações. Dentre os objetivos, é importante frisar aqui, dois deles, o de número 4, que indica a relevância de uma educação de qualidade em âmbito global e o 13, que trata exatamente da incorporação de ações contra as mudanças globais do clima.

O governo brasileiro, como historicamente costuma fazer, também assinou o Acordo de Paris e a Agenda 2030, se comprometendo em diminuir as emissões de gases do efeito estufa e a incorporar os objetivos para o desenvolvimento sustentável de modo nacional. Dando sequência as ações para atingir o desenvolvimento sustentável, por meio de uma educação de qualidade, foi implementada, em 2018, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), pelo Ministério da Educação, como sendo um direcionamento padrão para a elaboração do conteúdo a ser ministrado pelo professor em sala de aula, tanto na rede pública quanto na rede particular de todo país.

A BNCC trouxe diversas dúvidas e incertezas, especialmente no que se refere ao ensino médio e na forma com que o professor deveria passar a lecionar suas disciplinas. Especialmente quanto ao ensino de mudanças climáticas, é válido dizer que o conceito consta algumas poucas vezes na BNCC, apresentando-se com mais frequência e clareza na parte correspondente ao ensino fundamental II, na área de Ciências da Natureza. No ensino médio, por sua vez, o termo não aparece de forma explícita, mas é possível identificar alguns tópicos que se relacionam a temática (ver Capítulo 8).

É interessante frisar, nesse caso, que a BNCC, ainda que tenha por finalidade direcionar o conteúdo a ser ensinado nas escolas de todo o país, não traz com exatidão a forma como o tema das mudanças climáticas deve ser lecionado, uma vez que menções sobre o assunto podem parecer vagas ao professor que não está familiarizado com o conceito ou possui dificuldades para ensiná-lo em sala de aula.

Nesse caso, as pesquisas sobre ensino em mudanças climáticas no Brasil evidenciam que são poucas as publicações acadêmicas, feitas em importantes revistas de educação, ensino e pesquisa no território nacional, sobre

o assunto (Zezzo; Coltri, 2022). As pesquisas nacionais sobre ensino de mudanças climáticas são quase que inteiramente publicadas em jornais internacionais e por consequência, em inglês, o que é entendido pelo maior alcance que esses meios de comunicação possuem (Zezzo; Coltri, 2022). Entretanto, essa é uma situação complicada, pois dificulta o acesso de parte da população a esse conteúdo, incluindo professores e outras pessoas que trabalham com ensino, seja de maneira formal ou informal.

Uma simples pesquisa em fontes de dados aberta, como o caso do Google Acadêmico, pode demonstrar a diferença significativa entre publicações nacionais e internacionais, o que não identifica uma falta de produção acadêmica nesse sentido, mas sim, uma maior quantidade de publicação em inglês quando comparada ao português. Assim como em todo o mundo, o tema de ensino em mudanças climáticas ganhou uma forte importância nos últimos 20 anos, conforme ele foi se solidificando socialmente. Todavia, somente a partir de 2016 é possível encontrar artigos sobre o assunto em revistas brasileiras, e analisando-se com mais atenção o cenário, nota-se também um número crescente em publicações nacionais a partir de 2019.

Conforme o exposto, a publicação de pesquisas sobre ensino de mudanças climáticas no Brasil também deveria ser forte nos meios de comunicação locais, possibilitando com que todos que atuam nessa temática, direta ou indiretamente, pudessem se informar sobre novos conceitos, assim como novas formas de instruir e educar sobre o assunto nos diferentes patamares de ensino.

Especificamente sobre os estudos relativos ao tema de ensino em mudanças climáticas publicados em revistas nacionais, Zezzo e Coltri (2022) os dividiram em teóricos e práticos. Os artigos teóricos são minoria frente aos artigos práticos, ainda que a diferença entre eles não seja grande, o que demonstra a relevância de estudos de campo, que facilitem a compreensão de como o ensino vem ocorrendo e todos os problemas atrelados a ele.

Os estudos teóricos encontrado pelas autoras Zezzo e Coltri (2022) sobre ensino de mudanças climáticas são fundamentados, por vezes, nos conceitos de educação para o desenvolvimento sustentável e educação ambiental, trazendo por meio de levantamentos bibliográficos, informações pertinentes sobre o assunto e sua relação com as mudanças climáticas, para o meio escolar. Alguns dos estudos teóricos evidenciam a estreita relação entre o ensino de mudanças climáticas e as universidades, demonstrando que no ensino superior, a temática se faz mais presente e pode ser abordada e desenvolvida de diferentes formas. Esse ponto nos leva a entender que, no Brasil, os avanços

de pesquisas sobre os mais diferentes assuntos ocorrem nas universidades, confirmando que no meio acadêmico, alguns temas são mais frequentemente estudados e debatidos, como é o caso das mudanças climáticas, por meio dos diversos cursos de ordem ambiental, como aqueles de Educação Ambiental, Engenharia Ambiental, Ciências Ambientais, Geografia, entre outros.

Muitos dos artigos teóricos sobre ensino de mudanças climáticas trazem o tema juntamente com várias outras concepções ambientais, o que pode ser um tanto quanto desafiador para os leitores conseguirem discernir sobre as particularidades de cada uma. No caso do ensino, da mesma forma como em outras áreas das ciências, conforme as questões ambientais foram sendo melhor compreendidas, novos conceitos também foram surgindo, facilitando seu entendimento. Quando falamos de mudanças climáticas, falamos também sobre vários outros conceitos que se relacionam a este, aos climas e ao meio ambiente. É nesse momento que começam a surgir problemas, que podem ser pequenos ou realmente significativos, uma vez que trabalhar com eles não é simples, principalmente quando esses são bastante abstratos e ao tentar explicá-los ou exemplificá-los, mais confusões podem aparecer.

Focando somente nos estudos em revistas brasileiras, Zizzo e Coltri (2022) observaram que a maior e mais preocupante confusão ocorre ao transformar os termos “educação em mudanças climáticas” e “educação ambiental” em sinônimos. É facilmente entendido que há uma relação entre ambos os assuntos, mas de forma alguma estes dois poderiam ser tratados como a mesma coisa, dado o direcionamento de cada um. Com isso, é válido esclarecer que a educação ambiental atua especificamente no âmbito do meio ambiente, ensinando e direcionando o comportamento da sociedade em prol de ações que permitam a conservação dos nossos ecossistemas. A educação em mudanças climáticas, contudo, é muito mais complexa, pois busca ensinar a sociedade questões relacionadas ao clima, seu funcionamento, suas características e influências, para que seja possível entender a nossa relação de seres vivos com o clima de uma região e suas posteriores consequências.

Essa questão de observar a educação ambiental como “sinônimo” da educação em mudanças climáticas é encontrada em artigos teóricos e práticos, mostrando que a confusão conceitual é regular nas pesquisas realizadas no Brasil (Zizzo; Coltri, 2022). É interessante pensar nessa questão, pois a partir do momento em que são confundidos ou distorcidos, os demais conceitos atrelados a eles, também passam a ser.

Um ponto chave nas pesquisas sobre ensino de mudanças climáticas é o destaque para a interdisciplinaridade do tema, sendo esta uma questão apontada na grande maioria dos estudos, uma vez que esse tipo de abordagem permite uma compreensão mais ampla e completa da temática, identificando diferentes manifestações que as mudanças climáticas podem ter, seja no contexto social, econômico ou ambiental. Assim, a interdisciplinaridade, concebe um tema a partir de diferentes enfoques, possibilitando visões do micro e do macro.

De forma geral, os estudos teóricos focam em avaliar como a educação nesse tema está sendo desenvolvida no ensino básico e superior, a forma como a sociedade visualiza e entende as mudanças climáticas, bem como os problemas de abordagem, principalmente no que se relaciona a confusão de educação ambiental e educação em mudanças climáticas.

A maior parte das pesquisas em ensino de mudanças climáticas ainda se concentra no campo prático, e mostra, por sua vez enfoques mais abrangentes, que vão desde a elaboração de materiais de ensino aprendizagem, até a aplicação e a avaliação desses materiais em práticas educativas junto a estudantes de diferentes níveis educacionais.

Os materiais de ensino-aprendizagem abrangem diferentes possibilidades, como o uso de jogos e softwares, onde o professor tem a opção de escolher qual o tipo de material se enquadra melhor a sua turma e aos seus objetivos. Os jogos são tidos como uma ótima ferramenta para o professor em sala de aula, facilitando a forma de explicar e desenvolver conteúdo junto aos alunos, de forma lúdica e divertida. Nesse caso, os jogos são amplamente reconhecidos nas práticas pedagógicas, especialmente no ensino de temáticas complexas, como é o caso das mudanças climáticas, em uma eficiente ferramenta de ensino. É possível encontrar diferentes jogos, dos mais simples aos mais complexos, físicos e em formato digital, para diversas disciplinas, especialmente aquelas das áreas de exatas, que trabalham com conceitos abstratos.

Entre os diferentes formatos, o jogo físico permite o contato e interação entre todos os participantes, enquanto softwares e jogos on-line propiciam um ambiente mais exclusivo, mas que ainda assim, pode apresentar momentos de interação com outros participantes, ainda que no ambiente digital. Entende-se, no entanto, que em razão da pandemia de covid-19 e das necessárias adaptações realizadas para que o ensino remoto se concretizasse, ainda que com problemas e dificuldades, o jogo on-line foi ganhando mais espaço.

Além das diferentes opções de jogos, cartilhas educativas, com atividades e um conteúdo mais simplificado, são materiais encontrados em pesquisas sobre ensino de mudanças climáticas. Nesse caso, é possível encontrar materiais na área de clima e mudanças climáticas que prezam pela inclusão de jovens com algum tipo de deficiência, ampliando consideravelmente o alcance desse tema entre aqueles que naturalmente já possuem um acesso menor ao conhecimento, pela falta de material adequado ao seu ensino.

As cartilhas, por exemplo, ganharam bastante espaço no ambiente escolar com o estabelecimento da educação ambiental, que até aquele primeiro momento era algo novo e que precisava ser implementado de maneira simples, eficiente e divertida em sala de aula. Da mesma forma, algumas sobre temas complexos da Geociências e das Ciências Exatas foram sendo elaboradas e adotadas pelos professores em sala de aula, para facilitar o ensino, diversificar e explorar, de uma nova maneira, o conhecimento dos alunos.

O uso de jogos, assim como as cartilhas, além de serem desenvolvidos por professores ou grupos universitários que trabalham com pesquisas nessa área de conhecimento, são, por vezes, testados nos estudantes de diferentes níveis escolares, propiciando uma melhora no material desenvolvido inicialmente, uma confirmação de que os resultados são positivos como o esperado ou até mesmo, a indicação de que determinado material não serve as expectativas iniciais.

É interessante comentar que a quantidade de materiais elaborados para auxiliar o professor em sala de aula, acaba sendo muito maior do que o material que efetivamente é testado com um grupo de estudantes, isso porque há todo um processo por trás da aplicação desses materiais, especialmente em jovens menores de idade. Ou seja, é muito difícil que todos os materiais desenvolvidos sejam efetivamente testados para se identificar sua eficácia. Dessa forma, acaba sendo responsabilidade do professor, encontrar um jogo e testá-lo junto ao seu grupo de alunos, tendo muitas vezes que adaptá-lo as necessidades que possui e as características de seus estudantes.

Ainda no contexto de estudos práticos sobre ensino de mudanças climáticas, temos a realização de atividades de campo, onde os alunos são levados a um ambiente diferente da sala de aula, para desenvolverem e aprimorarem os conhecimentos anteriormente aprendidos. Esse tipo de atividade também aparece como uma ferramenta muito útil ao professor, por criar um interesse maior dos estudantes ao demonstrar que temas que antes pareciam distantes do seu cotidiano, podem estar presentes no seu dia a dia, tornando-se ainda mais relevante.

No caso dos climas e mudanças climáticas, temos como exemplo, levar um grupo de estudantes para duas áreas totalmente diferentes, como uma área verde, com vegetação mais densa e um corpo d'água e, também, para um local sem vegetação, construído ou de solo exposto. A partir do momento em que o professor, juntamente com sua turma, encontra-se em um desses locais, é possível debater diversos conceitos de Climatologia, como umidade, evaporação, formação de chuvas, vento e outros, que por sua vez, vão permitir chegar a conceitos mais complexos, como tempo, conforto térmico e bem estar da população, para então se abordar as modificações que a urbanização provoca nos parâmetros meteorológicos, em escala local, considerando as paisagens observadas, para então passar a compreender as mudanças dos climas em escala global. O contato dos jovens com o meio, o momento de parar e prestar atenção as sensações que eles estão experimentando e as percepções que eles têm do local, são muito importantes para a compreensão de fenômenos climáticos.

Assim, considerando as pesquisas de ensino em mudanças climáticas no Brasil, e o pequeno esboço comentado anteriormente, notam-se algumas questões importantes, como a falta de artigos publicados em português e em revistas nacionais, que permitam o acesso integral da população, principalmente de professores e outros membros das escolas. Também são salientadas muitas dificuldades encontradas pelo professor, que vão desde a falta de base teórica para lecionar sobre o tema, até a falta de material adequado sobre ao assunto para utilizar com seus estudantes.

É interessante destacar que, de modo geral, as pesquisas em ensino de mudanças climáticas focam muito no aluno e em como ele vai poder adquirir conhecimentos. É, então, que aparecem trabalhos em que o foco é elaborar materiais de apoio ao professor em sala de aula, sendo jogos ou cartilhas. Nessa mesma linha, constam os trabalhos em que alguns desses materiais são avaliados juntos a diferentes grupos de alunos, permitindo entender a influência deles como ferramenta de ensino aprendizagem.

Porém, entre as pesquisas nesse campo de estudo, não há trabalhos que foquem no professor e em sua formação parcialmente, e muito menos inteiramente. É nesse ponto, temos um problema, pois trabalhos internacionais já mostram que a base de muitos professores é pequena para ensinar sobre um conceito atual, consideravelmente novo a muitos professores e bastante complexo. Dessa forma, talvez o olhar das pesquisas devesse mudar de direção e se manter mais atento as reais dificuldades que o professor está passando para lecionar sobre o assunto, especialmente considerando a nova BNCC.

As mudanças climáticas são um dos temas mais complexos de serem ensinados em sala de aula, independentemente do nível educacional do aluno, pois trazem como bagagem diferentes conceitos climatológicos que são abstratos e de difícil visualização. Talvez por essa simples concepção do assunto, já fosse possível compreender que os professores precisam de uma formação específica no tema, para que se sintam mais à vontade falando e ensinando sobre o assunto.

Os professores têm grande poder de criação no desenvolvimento de atividades práticas junto a seu grupo de estudantes, mas para que a criatividade seja efetivamente colocada em prática, é preciso que ele saiba de forma concreta do que está falando e tenha ideia das diferentes maneiras que pode abordá-lo com os alunos. Nessa mesma linha de pensamento, é importante comentar sobre a falta de investimentos no ensino de mudanças climáticas, pois ao se falar de uma formação aos professores, do desenvolvimento de materiais, atividades de campo e outros, estamos falando de investimento na educação, especialmente na básica.

O Brasil tem passado por muitos problemas no que se refere à educação básica, os quais foram evidenciados durante o ápice da pandemia, especialmente no ensino público. As dificuldades que já vinham de antes se intensificaram e vem demonstrando que o ensino público necessita de maior atenção financeira para que possam atingir o determinado pela Agenda 2030, quanto ao seu objetivo sustentável de número 4, que como dito anteriormente, preza pela educação de qualidade a todos. Do mesmo modo, considerando o objetivo 13, é preciso esclarecer que o ensino de mudanças climáticas é tema essencial nas discussões e debates em sala de aula, devendo ser parte crucial do currículo de escolas públicas e particulares de todo o país, para que então seja possível desenvolver ações de combate as mudanças climáticas globais.

Por fim, observando-se o cenário de pesquisas em ensino de mudanças climáticas no Brasil, é possível perceber que não são muitos os estudos publicados e que isso pode dificultar a formação de um cenário real sobre o assunto, pois grande parte das pesquisas estão publicadas em revistas internacionais, de acesso mais restrito. De toda forma, acredita-se que, de modo geral, os achados científicos nesse campo de estudo sejam os mesmos.

Para facilitar a resolução do que foi apresentado nessa segunda parte do capítulo sobre pesquisas em ensino de mudanças climáticas no Brasil e no mundo, é apresentado um esquema (Figura 2) que resume os resultados

encontrados nos estudos publicados em revistas nacionais e que abordam a educação brasileira, inspirado no trabalho de Zezzo e Coltri (2022).



**Figura 2. Pesquisas sobre ensino em mudanças climáticas**

Fonte: Elaborado pelos autores (inspirado no trabalho de Zezzo; Coltri, 2022).

## Referências

- IALEI. International Alliance of Leading Education Institutes. **Climate Change and Sustainable Development: The Response from Education: a crossnational report from International Alliance of Leading Education Institutes**. Dinamarca: Ialei, dez. 2009.
- KAGAWA, Fumiyo; SELBY, David (eds.). **Education and climate change: Living and learning in interesting times**. Nova York: Routledge/Taylor & Francis, 2010.
- KAGAWA, Fumiyo; SELBY, David. Ready for the Storm: Education for Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation and Mitigation. **Journal of Education for Sustainable Development**, v. 6, n. 2, p. 207-217, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1177/0973408212475200>.
- MONROE, Martha C. *et al.* Identifying effective climate change education strategies: a systematic review of the research. **Environmental Education Research**, v. 25, n. 6, p. 791-812, 2019. DOI: [10.1080/13504622.2017.1360842](https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1360842).
- ZEZZO, Larissa V.; COLTRI, Pricila P. Educação em mudanças climáticas no contexto brasileiro: uma revisão integrada. **Terrae Didactica**, Campinas: Unicamp, v. 18, p. e022039, 2022. DOI: [10.20396/td.v18i00.8671305](https://doi.org/10.20396/td.v18i00.8671305).



# **SOBRE OS AUTORES**

## **Organizadores**



**Ercília Torres Steinke:** Doutora em Ecologia e mestra em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela UnB, onde é professora titular e pesquisadora do Departamento de Geografia. Graduada em Geografia pela UnB. Fundadora do Laboratório de Climatologia Geográfica (LCGea) dessa instituição. Atual coordenadora do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Geografia em Rede Nacional (Profgeo). Tem experiência na área de conhecimento de Geografia, com ênfase em Climatologia Geográfica, atuando principalmente em pesquisas que envolvam o ensino de Climatologia.



**Priscila Pereira Coltri:** Doutora em Engenharia Agrícola pela Unicamp, com período sanduíche na Universidade de Rennes 2, França, e pós-doutorado no Laboratório de Ciências do Clima e do Ambiente (“Le Laboratoire des Sciences du Climat et l’Environnement (LSCE)”), França. Mestre e graduada pela USP. Pesquisadora e, atualmente, diretora do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura, da Unicamp. Professora permanente do PPG-EHCT, do Instituto de Geociências (IG/Unicamp) e do Programa de Pós-Graduação Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática (Pecim). Interesses de pesquisa incluem Mudanças Climáticas, Impacto das Mudanças Climáticas na Sociedade, Ensino e Comunicação de Mudanças Climáticas.



**Roberto Greco:** Doutor pela escola de doutorado em Ciência do Sistema Terra, pela Università di Modena e Reggio Emilia, Itália. Licenciado em Ciências Naturais. Professor associado de Ciências da Terra do Departamento de Política Científica e Tecnológica (DPCT), no Instituto de Geociências da Unicamp. Coordena o grupo de pesquisa Geociências e Sociedade. Membro da Commission on Geoscience Education (Coge) da International Union Geological Sciences (Iugs). Interesses de pesquisa incluem os processos de ensino-aprendizagem relacionados com os conteúdos de Ciências Naturais e Educação Ambiental, extensão e processos socioambientais.

## **Autores**



**Alfonso García de la Vega:** Doutor em Geografia, mestre em Gestão da Paisagem e Território e bacharel em Geografia. Obteve o Diploma Extraordinário de Bacharel em Geografia. Foi pesquisador predoctoral do Ministério da Educação e Ciência e fez estágios em institutos de Geografia nas universidades da Aix-Marseille II (França), Innsbruck (Áustria) e Adelaide (Austrália). Professor e pesquisador no Departamento de Didáticas Específicas na Faculdade de Formação do Professorado e Educação na Universidade Autónoma de Madrid (UAM-España). Diretor do Instituto Universitário de Ciências da Educação (Iuce-UAM). Foi vice-reitor de Pesquisa e Inovação e coordenador do Máster da Didáticas Específicas na UAM. Foi professor visitante na Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (Unijuí), Universidade Federal de Goiás (UFG), Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Universidade de Brasília (UnB), Universidade de São Paulo (USP), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Padova (Itália), Antioquia (Medellín, Colômbia) e na Universidade Hankuk de Estudos Estrangeiros (HUFS-Seul, Coreia do Sul). Coordina Grupo de Pesquisa “Paisagem, Patrimônio e Educação”. Já dirigiu cinco teses e outras sete estão em andamento. Dirige um projeto em formação do professorado. Membro da International Council of Museums (Icom), European Geosciences Union (EGU) e Asociación Española de Geografía (AGE).



**Aline Pascoalino:** Doutora, mestra e licenciada em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp). Atualmente é professora doutora I Nível-MS 3.1 do Departamento de Geografia (DGEO), no Instituto de Geociências (IG) da Unicamp. Coordenadora do Laboratório de Estudos Climáticos (Leclig), leciona as disciplinas Climatologia I, Climatologia II e Climatologia Geográfica, para os cursos de Geografia e Geologia. Pesquisadora colaboradora do Laboratório de Geografia dos Riscos e Resiliência (Lager), na Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA) da Unicamp, Campus Limeira, e do Centro de Pesquisa Atopos da Escola de Comunicações e Artes (ECA) da USP, no projeto Cidadania Digital. Desenvolve pesquisas na área de Geociências com ênfase em Geografia Física e Climatologia Aplicada, atuando nos seguintes temas: Análise Ambiental, Climatologia Geográfica, Bioclimatologia Humana e Clima Urbano.



**Ana Beatriz Furtado Carvalho:** Mestranda em Geociências na Unicamp. Graduada em Ciências Biológicas pela mesma instituição. Pesquisa braquiópodes e a fauna de invertebrados paleozoicos da Bacia do Paraná no Brasil. Trabalha com educação em ciências da natureza e educação popular.



**Carolina Zabini:** Doutora em Ciências e mestra em Geociências pela UFRGS. Licenciada em Ciências Biológicas pela UEPG. Professora na Unicamp, atua no Instituto de Geociências (IG) dessa instituição, onde ministra as disciplinas de graduação de Elementos de Geologia e Fundamentos de Paleontologia, e Tafonomia e Icnofósseis na pós-graduação em Geociências. Atual coordenadora de Extensão do

IG. Interesses de pesquisa incluem os processos de ensino e divulgação das Geociências, a Paleontologia de invertebrados paleozoicos. Utiliza cientometria, tafonomia, estratigrafia e técnicas analíticas como MEV e Raman em seus estudos. Faz parte do grupo Unesco de estudo do Ordoviciano Mundial (IGCP 735).



**Darlan da Conceição Neves:** Doutor em Geografia pela Unicamp. Mestre em Ensino e História de Ciências da Terra pela mesma instituição. Licenciado em Geografia pela Universidade Estadual de Santa Cruz (Uesc). Atualmente é professor da rede municipal de São Paulo capital. Desenvolve pesquisas relacionadas às mudanças climáticas no Ensino de Geografia, com ênfase no discurso, linguagens e dialogismo bakhtiniano e produção de materiais didáticos multimodais. Tem se dedicado a estudar as relações étnico-raciais na educação.



**Deborah Terrell:** Geógrafa e doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra (PPG-EHCT) do Instituto de Geociências da Unicamp. Colaboradora do Laboratório de Educação (LabEduc) do Centro de Pesquisas Meteorológicas aplicadas à Agricultura (Cepagri) e professora da rede municipal de

São Paulo. Sua pesquisa de doutorado busca entender os desafios e as possibilidades dos professores da educação básica do Brasil no contexto da Educação em Mudanças Climáticas. Seus interesses de pesquisa se concentram nos tópicos da pesquisa interdisciplinar, Educação em Mudanças Climáticas e Educação de professores.



**Guilherme Torres:** Doutorando em Geografia na Unicamp. Mestre em Geografia com ênfase em Análise Ambiental e Dinâmica Territorial pela mesma instituição. Graduado em Geografia pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas). Seus temas de interesse incluem: Mudanças Climáticas, Estatística Climatológica, Agrometeorologia e Manejo de Risco Climático.



**Kezia Andrade dos Santos:** Doutoranda em Ensino e História de Ciências da Terra na Unicamp. Mestra em Ensino e História de Ciências da Terra pelo Instituto de Geociências da Unicamp. Bacharela em Geografia pela Universidade Estadual de Feira

de Santana (Uefs). Licenciada em Geografia e em Pedagogia, ambos pela Universidade de Franca (Unifran). Atuou na Coordenação de Educação para Jovens e Adultos na Secretaria Municipal de Educação no município de Mucugê (BA). Participou como bolsista na Secretaria de Apoio Escolar e Apoio Pedagógico do Projeto Universidade Para Todos (UPT/Uefs). Mantém constante interesse nos estudos geográficos com ênfase nas ciências ambientais e da terra, gestão ambiental e Ensino.



**Larissa Vieira Zizzo:** Doutoranda em Ensino e História das Ciências da Terra na Unicamp. Realizou pesquisa doutoral durante um ano na Université Rennes 2 (França), com bolsa Eiffel do governo francês. Mestre em Geociências e Meio Ambiente pela Unesp. Bacharela em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de São Paulo (Unifesp). Realizou graduação sanduíche por um ano na Universidad de Córdoba (Espanha) com bolsa do CNPq. Possui interesses de pesquisa na área de clima e mudanças climáticas, educação em clima, divulgação científica e clima urbano.



**Maria Carolina Ramos:** Doutoranda em Direito pela Universidade Autónoma de Lisboa, Portugal. Doutoranda em Ciências no PPG-EHCT da Unicamp. Mestra em Direito pela Universidade Metodista. Especialista em Direito Tributário pela PUC-Campinas. Graduada em Ciências Jurídicas e Sociais pela mesma instituição. Docente nos cursos de graduação e pós-graduação da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas) e Universidade Adventista. Advogada atuante no contencioso e consultivo.



**Rafael Rodrigues da Franca:** Doutor em Geografia, com ênfase em Climatologia, pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Mestre em Geografia (Análise Ambiental), com ênfase em Climatologia, pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Bacharel em Geografia pela mesma instituição. Professor do Departamento de Geografia da UnB, ministra disciplinas nesse curso e nos cursos de Engenharia Florestal e Ciências Ambientais. Membro do Laboratório de Climatologia Geográfica da UnB. Tem experiência em Geografia Física, atuando principalmente em Climatologia, dinâmica e variabilidade climática, eventos climáticos extremos, desastres naturais, mudanças e emergência climática e clima urbano.



**Rafael Vinicius de São José:** Doutor em Geografia e em Ensino e História de Ciências da Terra pelo Instituto de Geociências da Unicamp. Mestre em Ensino e História de Ciências da Terra pela mesma instituição. Graduado em Geografia pela Uefs. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geografia Física.



**Sandra Freitas Santos:** Doutoranda em Geografia na Unicamp, onde participa do Laboratório de Epistemologia e História da Geografia (LEHG). Mestra pela Universidade Federal de Sergipe (UFS). Licenciada e bacharela em Geografia pela Uefs. Professora assistente na Universidade do Estado do Amazonas (UEA/Cest-Tefé), na área de Geografia Física e Ensino de Geografia, onde desenvolve pesquisa no laboratório de Geotecnologia e Dinâmica da Paisagem (Geodip).

<b>Título</b>	Mudanças climáticas no ensino escolar
<b>Organizadores</b>	Roberto Greco Priscila Pereira Coltri Ercília Torres Steinke
<b>Assistência Editorial</b>	Andressa Marques Juliana Oliveira
<b>Capa</b>	Thainá Manzatto
<b>Projeto Gráfico</b>	Vanessa Menegatti Fonseca
<b>Preparação</b>	Andressa Marques
<b>Revisão</b>	Marcia Santos
<b>Formato</b>	16x23
<b>Número de Páginas</b>	264
<b>Tipografia</b>	Adobe Garamond Pro
<b>Papel</b>	Alta Alvura Alcalino 75g/m <sup>2</sup>
<b>1ª Edição</b>	Dezembro de 2024

---

Caro Leitor,  
Esperamos que esta obra tenha  
correspondido às suas expectativas.

Compartilhe conosco suas dúvidas e sugestões:

sac@editorialpaco.com.br

 11 98599-3876

---

## Publique sua obra pela Paco Editorial

EDIÇÃO DE QUALIDADE, DIVULGAÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO NACIONAL



### Teses e dissertações

Trabalhos relevantes que representam contribuições significativas para suas áreas temáticas.



### Grupos de estudo

Resultados de estudos e discussões de grupos de pesquisas de todas as áreas temáticas.



### Capítulo de livro

Livros organizados pela editora dos quais o pesquisador participa com a publicação de capítulos.



### Técnicos e Profissionais

Livros para dar suporte à atuação de profissionais das mais diversas áreas.

Envie seu conteúdo para avaliação:

[livros@pacoeditorial.com.br](mailto:livros@pacoeditorial.com.br)

11 4521-6315

 11 95394-0872

[www.editorialpaco.com.br/publique-na-paco/](http://www.editorialpaco.com.br/publique-na-paco/)

**Todo mês novas chamadas são abertas:**

[www.editorialpaco.com.br/capitulo-de-livros/](http://www.editorialpaco.com.br/capitulo-de-livros/)

---

Conheça outros títulos em  
[www.pacolivros.com.br](http://www.pacolivros.com.br)

---

PACO  EDITORIAL

Av. Carlos Salles Block, 658  
Ed. Altos do Anhangabaú – 2º Andar, Sala 21  
Anhangabaú - Jundiaí-SP - 13208-100

Este livro é uma ferramenta indispensável para o ensino de mudanças climáticas na Educação Básica. Com base em uma abordagem interdisciplinar, ele oferece informações estratégicas e pedagógicas inovadoras para engajar estudantes e professores na compreensão dos desafios climáticos globais. Ao integrar teoria e prática, apresenta informações relevantes e acessíveis que auxiliam professores a fomentar o protagonismo juvenil. Uma obra essencial para educadores comprometidos com a formação de uma geração consciente e capaz de contribuir para soluções sustentáveis e resilientes.

### **Roberto Greco**

Professor do Instituto de Geociências da Unicamp, formado em Ciências Naturais, realiza pesquisa e extensão relacionadas a ensino e divulgação em ciências naturais e educação ambiental.

### **Priscila Pereira Coltri**

Formada pela Universidade de São Paulo (USP). Pesquisadora e Diretora do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura (Cepagri). Coordena o Laboratório de Ensino em Climatologia (LabEduc).

### **Ercília Torres Steinke**

Geógrafa, pesquisadora e professora Titular do Departamento de Geografia da Universidade de Brasília (UnB). Realiza pesquisas na área de Climatologia Geográfica com ênfase no ensino de Climatologia.

Este livro oferece uma abordagem inovadora e essencial para o ensino de mudanças climáticas na Educação Básica no Brasil, reunindo teorias, práticas pedagógicas e informações estratégicas para enfrentar os desafios globais impostos pela emergência climática. Com uma linguagem acessível e exemplos práticos, a obra discorre sobre assuntos e conceitos climatológicos, além de metodologias de ensino que integram ciência, política e sustentabilidade, estimulando o protagonismo dos estudantes na construção de soluções para questões ambientais. Ao abordar a urgência de ensinar sobre mudanças climáticas de maneira interdisciplinar e contextualizada, o livro também discute assuntos importantes para a capacitação de educadores. Além disso, os autores destacam a importância da educação climática como um agente transformador na formação de cidadãos críticos e conscientes, capazes de compreender e atuar sobre os impactos das mudanças no clima e seus reflexos na sociedade e no meio ambiente. Uma obra indispensável para professores, educadores e gestores comprometidos com a construção de um futuro mais sustentável e resiliente.



ISBN: 978-85-462-2218-6



9 788546 222186

 /PacoEditorial

 @PacoEditorial

 @Paco\_Editorial